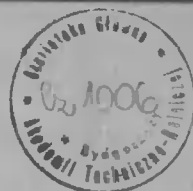


AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY



ZESZYTY NAUKOWE NR 92

MECHANIKA 25

BYDGOSZCZ - 1982

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY



ZESZYTY NAUKOWE NR 92

MECHANIKA 25

BYDGOSZCZ - 1982

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
doc. dr hab. Juliusz Skonieczny

REDAKTOR NAUKOWY
dr hab. inż. Józef Szala

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Halina Kziołkiewicz, Alfons Grzenkiewicz

**Materiały wygłoszone na Środowiskowym Zebraniu Naukowym
Sekcji Podstaw Eksploatacji Maszyn PAN
zorganizowanym w Bydgoszczy-Minikowie
w maju 1981 r.**

**Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy**

ISSN 0208-6395

**WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY**

Nakład 100+25 egz. Ark. wyd. 8,2. Ark. druk. 7,7. Papier offset, kl. V B1
Oddano do druku 27.07.82. Druk ukończono w sierpniu 82. Zam. nr 382/82.
MNSzWiT C-6/9. Cena zł 98,-
Uczelniany Zakład Małej Poligrafii w Bydgoszczy

S P I S T R E Ś C I

| | str. |
|--|------|
| 1. Józef Flizikowski, Zenon Wośko - Badanie możliwości odwzorowywania oddziaływań nawierzchni dróg w badaniach stanowiskowych motocykla WSK typ M06 B3 | 5 |
| 2. Andrzej Jazdon - Problemy programowanych badań niezawodności obiektów technicznych i przykłady ich rozwiązywania . | 27 |
| 3. Andrzej Jazdon - Problemy kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych | 45 |
| 4. Ryszard Jedliński - Próba systemowego ujęcia problematyki oceny i badań odnawialności urządzeń technicznych | 60 |
| 5. Zbigniew Kikiewicz, Jacek Ciszak - Problemy kształcenia eksploatatorów maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego | 71 |
| 6. Zbigniew Kikiewicz, Jerzy Lewandowski - Rola i potrzeba kształcenia-eksploatatorów dla potrzeb przemysłu papierniczego | 82 |
| 7. Maciej Kłyszewski - Możliwości zastosowania silnika wielopaliwowego w rolnictwie | 91 |
| 8. Janusz Schmidt - Wybrane metody analizy dynamiki pojazdu . | 104 |
| 9. Adam Woliński - Metoda i technika cyfrowego pomiaru przyspieszenia kątownego wału korbowego silnika spalinowego | 113 |

Józef Flizikowski
Zenon Wośko

BADANIE MOŻLIWOŚCI ODWZOROWYWANIA ODDZIAŁYWAŃ
NAWIERZCHNI DRÓG W BADANIACH STANOWISKOWYCH
MOTOCYKLA WSK TYP MO6B²

W artykule zostały podane charakterystyki mikroprofilu dróg wymuszających obciążenia ramy i układu jeźdźczego pojazdu, występujące w warunkach jego normalnej eksploatacji. Podano charakterystyki obciążeniowe w wybranych punktach konstrukcji motocykla, sposób modelowania nierówności na stanowisku badawczym oraz porównanie charakterystyk obciążeniowych występujących w naturalnej eksploatacji i na stanowisku badawczym.

1. Wstęp

Różnorodność użytkowania pojazdu jednośladowego co do rodzaju drogi, po której się porusza a także ze względu na przewożony obiekt powoduje, że siły obciążające wybrane obszary konstrukcji różnią się co do źródła ich powstawania jak i wartości i kierunku działania.

Podstawowe źródła sił wymuszających są następujące:

- prędkość jazdy,
- nierówności nawierzchni drogi,
- masa, wynikająca z funkcji transportowej motocykla /użytkownik, pasażer i bagaż w odpowiednich relacjach/,
- niewyrównowazenie elementów obrotowych,
- inne, trudne do identyfikacji.

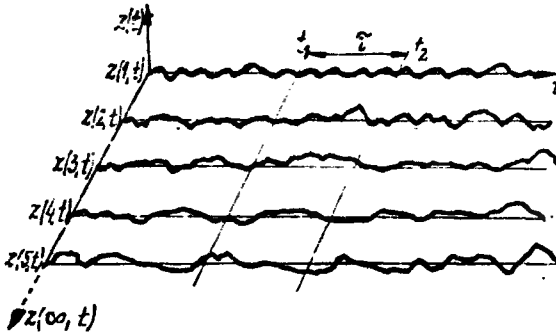
Siły i momenty mogą być także wywołane zmianami prędkości, zmianami kierunku ruchu jak i bezwładnością samej transportowanej masy. Momenty te i siły zmieniają się jednak stosunkowo wolno.

2. Charakterystyka nawierzchni

Motocykl podczas ruchu po drodze o nierównej nawierzchni poddany jest zazwyczaj przypadkowym siłom wymuszającym. Jeżeli będą zachowane niezmiennie warunki ruchu /stan motocykla, drogi i inne/, to przy wielokrotnych powtórzeniach przejazdów obciążenia któregośkolwiek elementu konstrukcji motocykla będą za każdym razem inne, t.j. nie będą powtarzać

się dokładnie. Jedną z przyczyn tego zjawiska tkwi w przypadkowym rozmieszczeniu nierówności drogi.

Mikroprofil drogi jest funkcją losową jej długości /przebytej drogi x /, ponieważ rzędne mikroprofilu przy dowolnej długości x są wielkościami przypadkowymi /zdarzeniami losowymi/. Jeden zapis funkcji losowej [8, 9] na przykład wzdłużnego mikroprofilu drogi, stanowi realizację funkcji losowej /realizacja procesu stochastycznego/, natomiast zestawienie wszystkich możliwych zapisów tworzy populację /zbiór/ realizacji /rys.1/.



Rys.1. Zbiór realizacji funkcji losowej [9]

Obciążenia elementów motocykla są zmienne w czasie t , i ze względu na swój charakter są procesem losowym. Zakładając, że motocykl porusza się ruchem jednostajnym, można przejść od funkcji losowej do procesu losowego, ponieważ $x = v \cdot t$. Funkcja losowa stanowi zbiór nieskończenie dużej liczby realizacji i w ogólnym przypadku może być oznaczona w następujący sposób

$$q\{\alpha, x\}$$

gdzie:

$$-\infty < x < \infty$$

$$\alpha = 1, 2, \dots$$

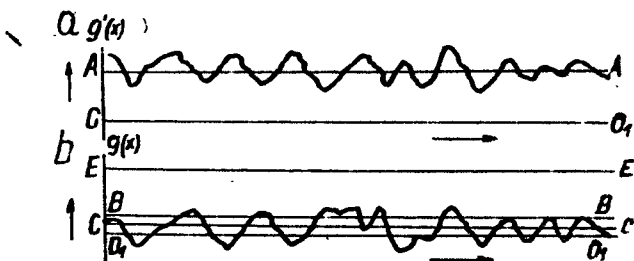
Na przykład chwili t_1 będzie odpowiadać szereg wartości rzędnych mikroprofilu q_1/x_1 , q_2/x_1 , q_α/x_1 , q_∞/x_1 , które można traktować jako wielkości przypadkowe.

Przyjęto rozpatrywać mikroprofil drogi jako funkcję losową odpowiadającą następującym założeniom:

- funkcja jest stacjonarna i ergodyczna;
- rzędne mikroprofilu podlegają prawu rozkładu normalnego;
- długości nierówności są ograniczone z dołu i z góry;
- mikroprofil zmienia się w sposób przypadkowy tylko w pionowej wzdłużnej płaszczyźnie drogi /uproszczenie wynikające z możliwości modelowania na stanowisku badawczym/.

Za podstawowe charakterystyki statystyczne funkcji losowej /procesu/ w odniesieniu do mikroprofilu drogi na ogół przyjmuje się:

- średnią wartość lub nadzieję matematyczną rzędnej mikroprofilu,
- średnie odchylenie kwadratowe lub wariancję /dyspersję/ rzędnych,
- funkcję korelacyjną lub gęstość widmową.



Rys.2. Realizacja funkcji losowej

Jeśli q/x - rzędna mikroprofilu liczona od pewnej poziomej /rys.2a/, to uśrednienie względem populacji realizacji wyniesie [7]:

$$[q_{sr}] = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{q_i/x}{\alpha} \quad (1)$$

Wartość q_{sr} odpowiada prostej AA.

Funkcję losową wygodnie jest sprowadzić do postaci bipolarnej [5] /wyśrodkowanej/ przenosząc oś odciętych z prostej O_1O_1 na prostą AA. Wyśrodkowana funkcja q/x - /rys.2b/ - wygodna jest z tego względu, że w dalszych rozważaniach pomija się nadzieję matematyczną.

Obliczając średnią względem populacji realizacji otrzyma się wariancję:

$$[q_{sr}]^2 = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^{\alpha} \frac{q_i^2/x}{\alpha} \quad (2)$$

Wariancja rzędnych /prosta EE/, otrzymana przy uśrednianiu jednej realizacji

$$q_{sr}^2 = \lim_{L_q \rightarrow \infty} \frac{1}{L_q} \int_0^{L_q} q^2/x dx \quad (3)$$

Odchylenie średnie kwadratowe $[q_{sr}]$ lub q_{sr} otrzymuje się po obliczeniu pierwiastka kwadratowego z wariancji. Wartość q_{sr} odpowiada prostej

BB. Można wprowadzić również inne wartości średnie, na przykład średnie z bezwzględnych wartości rzędnych jednej realizacji obliczonych od poziomu nadziei matematycznej /prosta CC/.

$$q_{sr} = \lim_{L_q \rightarrow \infty} \frac{1}{L_q} \int_0^{L_q} c/x dx$$

Uśrednienie względem zbioru realizacji dla funkcji korelacyjnej wyrazi się wzorem [7]:

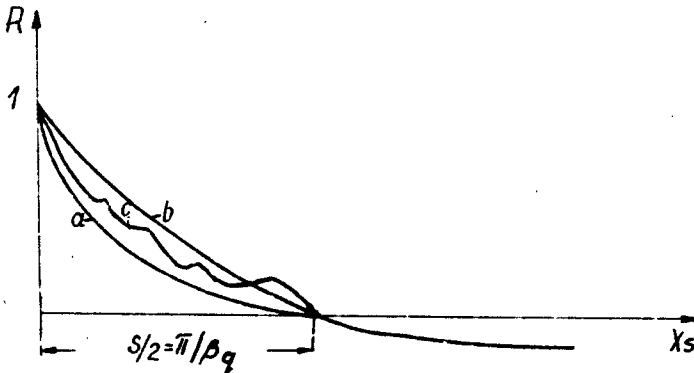
$$G_q / x_1, x_2 / = \lim_{L_q \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^{\infty} q_i / x_1 / q_i / x_2 /}{\alpha} \quad (4)$$

Dostateczną charakterystyką mikroprofilu drogi jest jego funkcja korelacyjna [7].

Założenie stacjonarności mikroprofilu drogi zasadniczo upraszcza określenie funkcji korelacyjnej: zależy ona tylko od wielkości odcinka x_s .

Dzielnik rzędne funkcji korelacyjnej przez wariancję otrzymamy unormowaną funkcję korelacyjną

$$R_q^{x/x_s} = \frac{R_q / x_s /}{\sigma_{sr}^2} \quad (5)$$



Rys.3. Unormowane funkcje korelacyjne dla dróg kołowych [9]

Unormowane funkcje korelacyjne dla różnych dróg pokazano na rys.3. Ze względu na ich przebiegi funkcje te można podzielić następująco [4]:

- szybko malejąca funkcja monotoniczna a, świadcząca o przewadze występów i wgłębień /na przykład nawierzchnia brukowana/,
- szybko malejąca monotoniczna funkcja b, charakterystyczna dla na-

Badanie możliwości odwzorowywania oddziaływań ...

wierzchni cementowo-betonowej i asfaltowych z nierównościami w postaci długich fal,

- korelacyjna funkcja o postaci c świadczy zazwyczaj o zużyciu i odkształceniu nawierzchni, wywołanym pojawieniem się na niej fal o ustalonej częstotliwości.

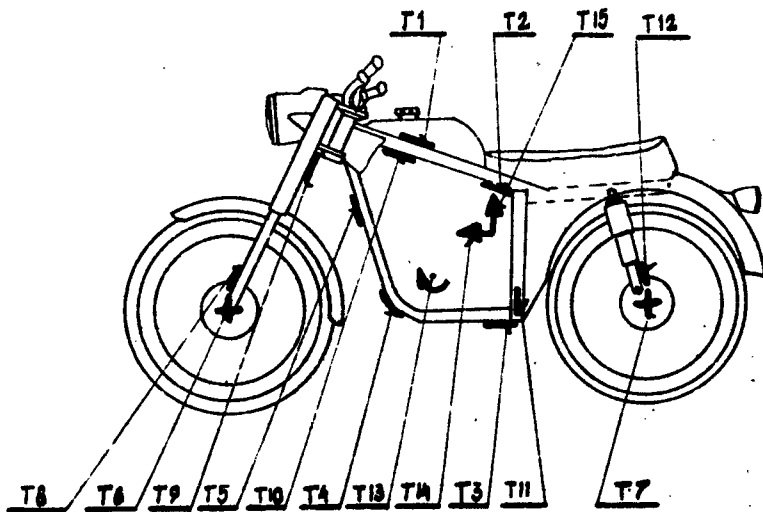
Jeśli funkcja korelacyjna obrazuje zmiany mikroprofilu na długości odcinka drogi, to druga charakterystyka /gęstość widmowa wariancji lub widmo energetyczne/ podaje obraz częstotliwości powtarzania się nierówności o przeważających w procesie losowym częstotliwościach. Funkcja korelacyjna i gęstość widmowa stanowią względem siebie przekształcenie Fouriera. Oba wyrażenia zawierają jednakową informację o funkcji losowej, funkcja korelacyjna okazuje się wygodniejsza, na przykład wtedy, gdy chcemy wiedzieć czy funkcja losowa zawiera w sobie składową okresową.

Częstotliwości poszczególnych składowych elementarnych wyodrębniają się w gęstości widmowej w postaci wyraźnych ekstremów /lub nawet prążków/.

Nierówności drogi stanowią podstawową przyczynę obciążeń motocykla /rozpatrywane w funkcji prędkości jazdy i masy użytkownika/. Pozostałe przyczyny odgrywają mniejszą rolę pod warunkiem, że motocykl jest sprawny i użytkowany zgodnie z przeznaczeniem.

3. Pomiar obciążeń w wybranych punktach motocykla w warunkach eksploatacyjnych

Wpływ nierówności nawierzchni na naprężenia i przyspieszenia panujące w konstrukcji motocykla badano w punktach pokazanych na rys.4.



Rys.4. Rozmieszczenie przetworników na badanym obiekcie dla badań eksploatacyjnych

Wybór punktów pomiarowych dokonano w oparciu o analizę naprężeń występujących podczas badań ramy motocykla, a także biorąc pod uwagę informacje o uszkodzeniach występujących podczas badań przyspieszonych motocykli [3].

Badania eksploatacyjne oraz ankietowe [2, 3] były podstawą do ustalenia mas użytkownika, pasażera, bagażu, rodzaju nawierzchni, po której motocykl się porusza oraz sposobów przyspieszania i hamowania. Ciąg informacji uzyskiwano na taśmie oscylograficznej za pomocą przewoźnego laboratorium pomiarowego, wyposażonego w mostki tensometryczne firmy Hottinger oraz oscylograf pętlicowy typu Ultralette. Informacje opracowano metodą schematyzacji polegającej na zliczaniu ekstremów w przedziałach klasowych [1, 6, 10].

Wychodząc z niezbędnej dokładności opracowania oscylograficznego i ustalenia widma obciążeń, do określenia ilości klas korzystano z następującej zależności:

$$\frac{A}{8} < K_0 \leq \frac{A}{10}$$

gdzie:

A - amplituda wychyleń wielkości mierzonej

K_0 - wielkość odcinka klasowego

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zwiększanie liczby klas obejmujących zapis do więcej niż 8-10 nieznacznie zwiększa dokładność opracowania.

Ogólnie przyjęto, że liczba klas K jest najkorzystniejsza tak z punktu widzenia dokładności, jak i dogodności opracowania gdy spełniony jest warunek:

$$3 < K < 12$$

Wyniki pomiarów poszczególnych zapisów z badań tensometrycznych umieszczono w tabeli 1. W tabeli tej poza podaniem rodzaju nawierzchni, numeru punktu pomiarowego i warunków pomiaru w kolejnych kolumnach notowano:

- numer klasy,
- przedział klasowy naprężeń w MPa,
- ilość ekstremów w kolejnych klasach dla asfaltu, bruku i drogi polnej.

Z badań eksploatacyjnych wykorzystano głównie te materiały, które dotyczyły eksploatacji z prędkością około 13,80 m/s, aby uzyskać porównywalne warunki z badaniami stanowiskowymi realizowanymi z tą samą prędkością.

Dla uzyskania zastępczego widma obciążeń dla danego punktu pomiarowego i warunków pomiaru wykorzystano dane liczebności klas czyli absolutną częstość występowania wartości szczytowych w poszczególnych klasach.

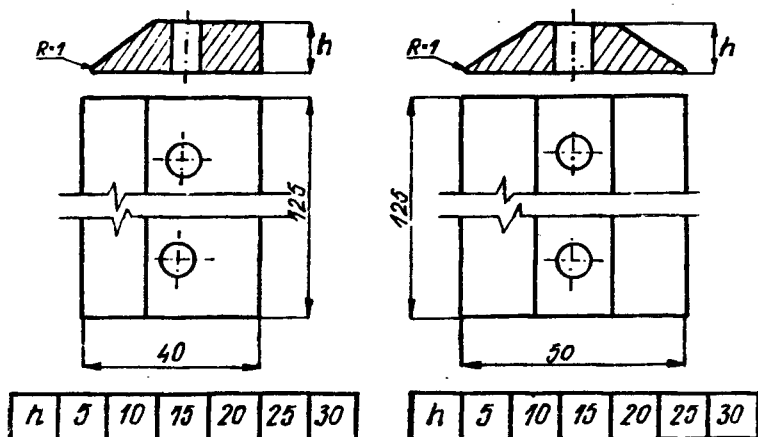
W oparciu o uzyskane wyniki wykonano wykres w układzie współrzędnych prostokątnych. Na współrzędnej pionowej naniesiono wartość absolutną kumu-

lowaną, natomiast na współrzędnej poziomej - wielkość mierzona, czyli wartość naprężenia w MPa. Dane do wykreślenia widma zastępczego obciążeń naniesiono do tabel według wzoru /tab.2/.

Postępowanie, jak i wzory tabel przyjęto niezmiennie do opracowywania wyników, tak z badań eksploatacyjnych, jak i stanowiskowych.

4. Modelowanie obciążeń na stanowisku badawczym

Analiza mikroprofilu nawierzchni: szczytowe wartości nierówności oraz częstość ich występowania, pozwoliły na wytypowanie przybliżonego zestawu przeszkód oraz sposobu ich rozmieszczenia na bębnach jezdnych stanowiska badawczego. Na rys.5 pokazano kształty i wymiary przeszkód oraz sposób ich zamocowania dla realizacji procesu oddziaływań zewnętrznych pochodzących od rodzaju nawierzchni.



Rys.5. Kształty i wymiary przeszkód

Pozostałe parametry takie jak obciążenie zewnętrzne /kierowca, kierowca + pasażer, kierowca + pasażer + bagaż/, prędkość jazdy oraz cpyry jazdy realizowano według tych samych kryteriów jakie przyjęto dla badań eksploatacyjnych. Wyboru punktów pomiarowych /rys.6/ dokonano w oparciu o analizy jakości informacji z poszczególnych punktów uzyskanych w badaniach eksploatacyjnych.

Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych dla wyników z badań eksploatacyjnych i stanowiskowych ustalono jako najbardziej reprezentatywne przeprowadzenie szczegółowych analiz dla punktów T_3 , T_5 , T_6 i T_7 .

Porównanie wyników eksploatacyjnych ze stanowiskowymi zestawiono na specjalnie do tego celu opracowanych kartach zestawieniowych /rys.7, 8, 9, oraz tabele danych/.

Zestawienie danych z aproksymacji losowych przebiegów naprężeń

Warunki pomiaru - jazda bez pasażera /80 kg/
 - ruch ustalony
 Rodzaj pomiaru - eksploatacyjny
 Rodzaj nawierzchni - asfalt, bruk, droga polna

| Klasa | Przedział klasowy $a_1 - b_1$ [MPa] | Asfalt | | | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|-------------|--------------|--------------|-------|
| | | Numer odcinka pomiarowego | | | | Razem |
| | | 3 / n_1 / | 4 / n_1 / | 25 / n_1 / | 22 / n_1 / | |
| 1 | 4,50 - 6,75 | | | | | |
| 2 | 2,25 - 4,50 | | 9 | 2 | 13 | 24 |
| 3 | 0 - 2,25 | 21 | 32 | 22 | 24 | 99 |
| 4 | 0 - -2,25 | 56 | 79 | 67 | 75 | 277 |
| 5 | -2,25 - -4,50 | 134 | 92 | 125 | 105 | 454 |
| 6 | -4,50 - -6,75 | 85 | 95 | 97 | 79 | 554 |
| 7 | -6,75 - -9,00 | 131 | 86 | 89 | 49 | 555 |
| 8 | -9,00 - -11,25 | 34 | 9 | 27 | 9 | 79 |
| 9 | -11,25 - -13,50 | | 3 | 3 | | 6 |
| 10 | -13,50 - -15,75 | | | | | |
| 11 | -15,75 - -18,00 | | | | | |
| 12 | -18,00 - -20,25 | | | | | |
| | $\sum n_i$ | 459 | 405 | 432 | 352 | 1548 |
| | f_1 /Hz/ | 117,57 | 101,25 | 101,64 | 82,62 | 98,62 |
| Obroty koła | Z_k | 30 | 26 | 32 | 32 | 120 |
| Obroty silnika | Z_s | 226 | 198 | 241 | 241 | 906 |
| Czas | /s / | 4,21 | 4,0 | 4,25 | 1,25 | 16,71 |
| Prędkość średnia V | / m/s / | 15 | 11,83 | 13,35 | 13,95 | 13,18 |
| Współczynnik przeliczeniowy | | $\alpha_A = 9,72 \cdot 10^4$ | | | | |

$$\alpha_A = \frac{\text{Przebieg w zadanym okresie eksploatacji na nawierzchni asfaltowej /km/}}{\text{Długość odcinka pomiarowego dla danej nawierzchni /km/}}$$

od. tabeli 1

| Klasa | Przedział klasowy $a_1 - b_1$ [MPa] | Bruk | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------|-------------|-------|
| | | Numer odcinka pomiarowego | | Razem |
| | | 1 / n_1 / | 2 / n_1 / | |
| 1 | 4,50 - 6,75 | 3 | | 3 |
| 2 | 2,25 - 4,50 | 1 | | 1 |
| 3 | 0 - 2,25 | 12 | 19 | 31 |
| 4 | 0 - -2,25 | 33 | 51 | 84 |
| 5 | -2,25 - -4,50 | 45 | 84 | 129 |
| 6 | -4,50 - -6,75 | 105 | 92 | 197 |
| 7 | -6,75 - -9,00 | 88 | 67 | 155 |
| 8 | -9,00 - -11,25 | 73 | 56 | 129 |
| 9 | -11,25 - -13,50 | 34 | 16 | 50 |
| 10 | -13,50 - -15,75 | 11 | 4 | 15 |
| 11 | -15,75 - -18,00 | 7 | 2 | 9 |
| 12 | -18,00 - -20,25 | | | |
| | $\sum n_1$ | 413 | 591 | 804 |
| | f_1 /Hz/ | 100,73 | 95,36 | 98,17 |
| Obroty koła | Z_k | 25 | 21 | 44 |
| Obroty silnika | Z_s | 265 | 242 | 507 |
| Czas | /s/ | 4,1 | 4,09 | 8,19 |
| Prędkość średnia v | /m/s/ | 18,21 | 9,34 | 9,775 |
| Współczynnik przeliczeniowy | | $\alpha_B = 3,125 \cdot 10^4$ | | |

$$\alpha_B = \frac{\text{Przebieg w zadanym okresie eksploatacji na nawierzchni brukowej /km/}}{\text{Długość odcinka pomiarowego dla powierzchni brukowej /km/}}$$

cd. tabeli 1

| Klasa | Przedział klasowy $a_1 - b_1$ [MPa] | Droga polna | | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|-------------|-------------|--------|
| | | Numer odcinka pomiarowego | | | Razem |
| | | 5 / n_1 / | 6 / n_1 / | 7 / n_1 / | |
| 1 | 4,50 - 6,75 | 2 | | 5 | 7 |
| 2 | 2,25 - 4,50 | 24 | 29 | 14 | 67 |
| 3 | 0 - 2,25 | 82 | 68 | 54 | 204 |
| 4 | 0 - -2,25 | 79 | 71 | 73 | 223 |
| 5 | -2,25 - -4,50 | 78 | 67 | 86 | 231 |
| 6 | -4,50 - -6,75 | 57 | 59 | 121 | 237 |
| 7 | -6,75 - -9,00 | 21 | 33 | 67 | 121 |
| 8 | -9,00 - -11,25 | 3 | 6 | 34 | 43 |
| 9 | -11,25 - -13,50 | | 2 | 14 | 16 |
| 10 | -13,50 - -15,75 | | | 6 | 6 |
| 11 | -15,75 - -18,00 | | | 0 | 0 |
| 12 | -18,00 - -20,25 | | | 1 | 1 |
| $\sum n_1$ | | 346 | 335 | 475 | 1156 |
| f_1 /Hz/ | | 109,84 | 106,35 | 100,53 | 104,85 |
| Obroty koła | Z_k | 15 | 14 | 25 | 52 |
| Obroty silnika | Z_s | 178 | 167 | 265 | 610 |
| Czas | /s/ | 3,15 | 3,15 | 4,725 | 11,025 |
| Prędkość średnia V | /m/s/ | 8,67 | 8,01 | 8,81 | 8,497 |
| Współczynnik przeliczeniowy | | $\alpha_p = 1,32 \cdot 10^4$ | | | |

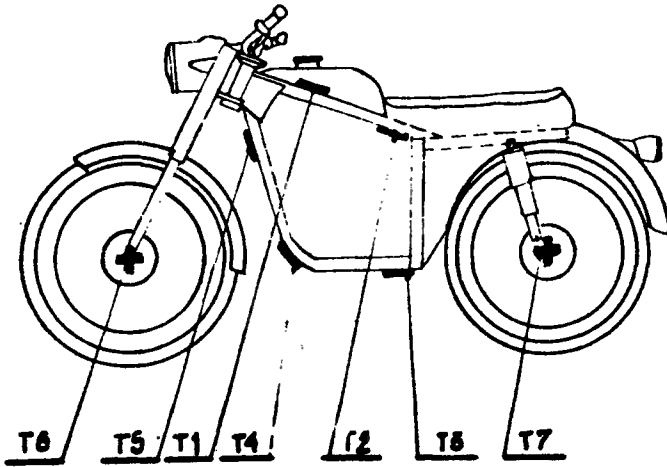
$$\alpha_p = \frac{\text{Przebieg w zadanym okresie eksploatacji na drodze polnej /km/}}{\text{Długość odcinka pomiarowego dla drogi polnej /km/}}$$

Tabela 2

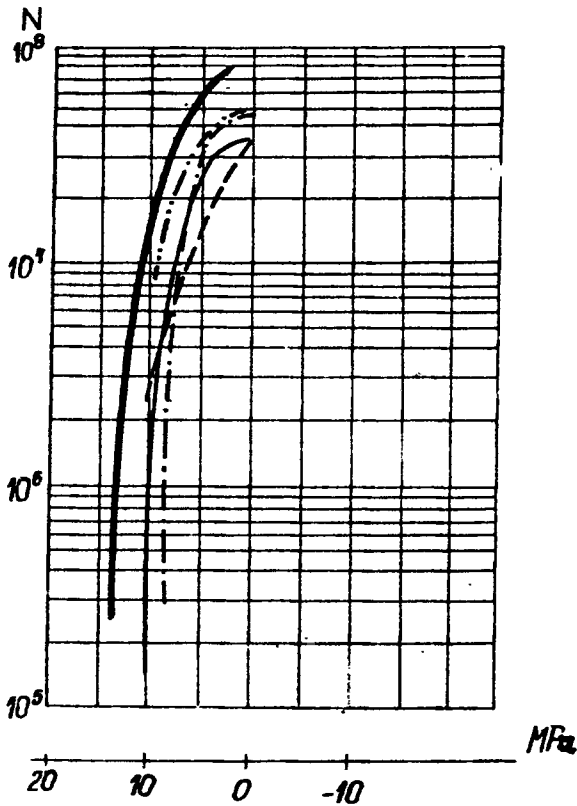
Pomiar 2 / pkt.5/

| Numer klasy | Przedział klasowy /Pa/ | Środek przedziału /Pa/ | Liczebność w klasie | | |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| | | | Dla odcinka pomiarowego | Dla odcinka porównawczego | Dla odcinka porównawczego kumulowane |
| 1 | 350,4 - 379,6 / x 10 ⁵ / | 365,0 x 10 ⁵ | 4 | 5,10 x 10 ⁵ | 5,10 x 10 ⁵ |
| 2 | 321,2 - 350,4 / x 10 ⁵ / | 335,8 x 10 ⁵ | 20 | 25,54 x 10 ⁵ | 30,64 x 10 ⁵ |
| 3 | 292,0 - 321,2 / x 10 ⁵ / | 306,6 x 10 ⁵ | 46 | 30,74 x 10 ⁵ | 89,38 x 10 ⁵ |
| 4 | 262,8 - 292,0 / x 10 ⁵ / | 277,4 x 10 ⁵ | 40 | 51,08 x 10 ⁵ | 140,46 x 10 ⁵ |
| 5 | 233,6 - 262,8 / x 10 ⁵ / | 248,2 x 10 ⁵ | 68 | 86,84 x 10 ⁵ | 227,30 x 10 ⁵ |
| 6 | 204,4 - 233,6 / x 10 ⁵ / | 219,0 x 10 ⁵ | 63 | 80,45 x 10 ⁵ | 307,75 x 10 ⁵ |
| 7 | 175,2 - 204,4 / x 10 ⁵ / | 189,8 x 10 ⁵ | 73 | 95,77 x 10 ⁵ | 403,52 x 10 ⁵ |
| 8 | 146,0 - 175,2 / x 10 ⁵ / | 160,6 x 10 ⁵ | 79 | 100,88 x 10 ⁵ | 504,40 x 10 ⁵ |
| 9 | 116,8 - 146,0 / x 10 ⁵ / | 131,4 x 10 ⁵ | 42 | 53,63 x 10 ⁵ | 558,03 x 10 ⁵ |
| 10 | 87,6 - 116,8 / x 10 ⁵ / | 102,4 x 10 ⁵ | 41 | 52,36 x 10 ⁵ | 610,39 x 10 ⁵ |
| 11 | 58,4 - 87,6 / x 10 ⁵ / | 73,0 x 10 ⁵ | 28 | 55,75 x 10 ⁵ | 646,14 x 10 ⁵ |
| 12 | 29,2 - 58,4 / x 10 ⁵ / | 43,8 x 10 ⁵ | 15 | 19,15 x 10 ⁵ | 665,29 x 10 ⁵ |
| 13 | 0 - 29,2 / x 10 ⁵ / | 46,6 x 10 ⁵ | 7 | 8,94 x 10 ⁵ | 674,23 x 10 ⁵ |
| 14 | 0 - 29,2 / x 10 ⁵ / | -14,6 x 10 ⁵ | 7 | 8,94 x 10 ⁵ | 683,17 x 10 ⁵ |
| | | | $\Sigma = 535$ | | |

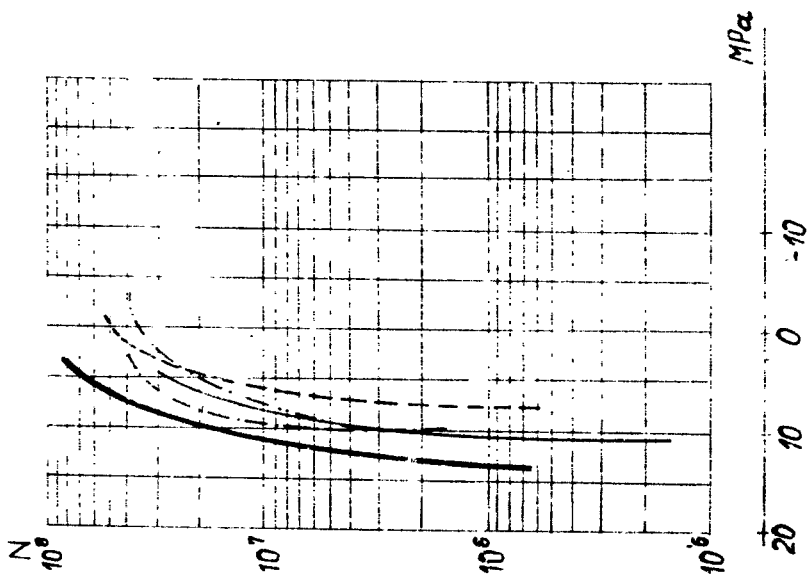
 $\Sigma = 19,3 \times 10^6$; $\Sigma = 535$



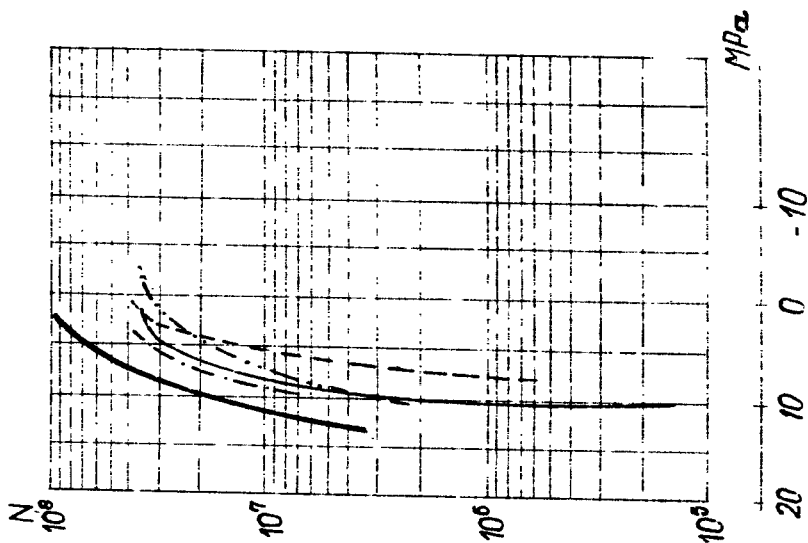
Rys.6. Rozmieszczenie przetworników na badanym obiekcie w badaniach stanowiskowych



Rys.7. Zastępcze widmo obciążeń PKT.3. Kierowca $G = 80 \text{ kg} / 790 \text{ N}$. Asfalt



Rys. 8. Zastępcze widmo obciążeń PKT.3.
Kierowca G = 80 KG / 790 N/. Pruk



Rys. 9. Zastępcze widmo obciążeń PKT.3.
Kierowca G = 80 KG / 790 N/. Droga polna

Poza charakterystyką graficzną w powyższych zestawieniach podano wybrane parametry statystyczne przebiegu zmian naprężeń takie jak:

- naprężenie maksymalne σ_{\max} w MPa,
- naprężenie minimalne σ_{\min} w MPa,
- naprężenie średnie przebiegu σ_m w MPa,
- naprężenie średnie w klasie σ_i w MPa,
- amplituda cyklu σ_a w MPa,
- częstość zmian S^{-1} w Hz,
- liczebności kumulowane dla poszczególnych klas N_i
- ilość danych stanowiących podstawę analizy.

Podano rodzaje nawierzchni, na których prowadzono badania eksploatacyjne czyli: asfalt, droga polna, bruk oraz rodzaj i sposób rozmieszczenia przeszkód na bębnach stanowiska badawczego.

5. Metoda weryfikacji zgodności widma eksploatacyjnego ze stanowiskowym

Przebieg eksploatacyjny stanowił bazę weryfikacyjną dla dalszego postępowania przy określaniu zgodności widm. Ustalenie różnicy między przebiegiem obciążenia eksploatacyjnego, charakteryzującego wybraną nawierzchnię i określone warunki badań z obciążeniem stanowiskowym dla przeszkód symulujących oddziaływanie nawierzchni przy zachowaniu większości warunków badań porównywalnych z badaniami eksploatacyjnymi - prowadzono na zasadzie minimalnej sumy pól między widmem eksploatacyjnym a stanowiskowym /rys.10/ [6].

Pole między widmem eksploatacyjnym i stanowiskowym określono symbolem:

$$F_{T,M,N,P} = S$$

gdzie:

- T - numer punktu pomiarowego
- M - masa przewożonego ładunku taka sama dla badań eksploatacyjnych jak i stanowiskowych
- N - rodzaj nawierzchni, dla której było wykreślane widmo,
- P - rodzaj przeszkody, przy której widmo było porównywane,
- S - wielkość pola w cm^2

Suma pól między widmem eksploatacyjnym i stanowiskowym, dla wszystkich punktów pomiarowych, obciążenia 80 kg i 150 kg /800 N i 1500 N/ przy porównywaniu:

- widm naprężeń z nawierzchni asfaltowej i bębnow bez przeszkód $h = 0$:

$$\sum F_{A+0} = +4,286 \text{ cm}^2$$

- widm naprężeń z nawierzchni brukowej i bębnow z jedną przeszkodą o wysokości $h = 10 \text{ mm}$:

$$\sum F_{B+10} = -21,84 \text{ cm}^2$$

- widm naprężeń nawierzchni brukowej i bębnow z jedną przeszkodą o wysokości $h = 15$ mm:

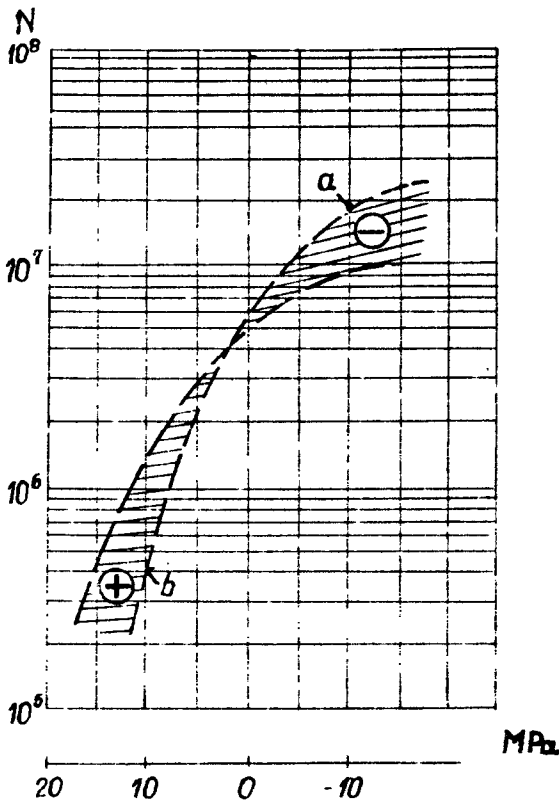
$$\sum F_{B+15} = -14,14 \text{ cm}^2$$

- widm naprężeń, nawierzchnia drogi polnej i bębnow z jedną przeszkodą o wysokości $h = 15$ mm:

$$\sum F_{P+15} = -2,264 \text{ cm}^2$$

- widm naprężeń, nawierzchnia drogi polnej i bębnow z jedną przeszkodą o wysokości $h = 20$ mm:

$$\sum F_{P+20} = +0,906 \text{ cm}^2$$



Rys.10. Ustalenie wartości dodatniej i ujemnej pola między widmem eksploatacyjnym i stanowiskowym:

a - widmo eksploatacyjne ; b - widmo stanowiskowe

Przeprowadzono również analizę pól dla wszystkich badań zgodnych z programem. Odtwarzanie:

- nawierzchni asfaltowej na bębnach bez przeszkód,
- nawierzchni brukowej na bębnach z jedną przeszkodą $h = 10$ mm na każdym bębnie,
- nawierzchni drogi polnej na bębnach z jedną przeszkodą $h = 20$ mm na każdym bębnie.

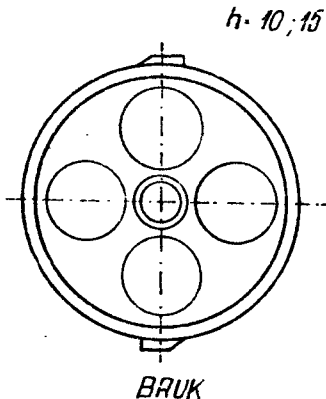
Z sumowania pól obszaru między widmem eksploatacyjnym i wszystkimi typami widm z badań stanowiskowych należącymi do zdeterminowanej wyższej grupy zdarzeń otrzymano:

$$\sum F_{A+0; B+10; P+20} = -16,684 \text{ cm}^2$$

5. Ustalenie wielkości przeszkód oraz sposobu rozmieszczenia dla modelowania trzech typów nawierzchni

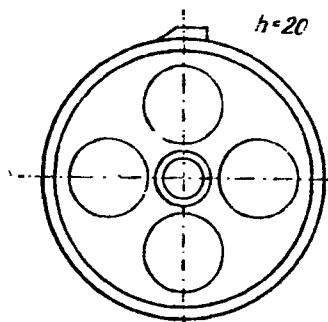
Uzyskane wyniki w aspekcie analizy błędów stanowiły podstawę do dalszego wnioskowania. Przyjmując wartość naprężeń maksymalnych występujących w danym punkcie pomiarowym i częstotliwość zmian jako parametry istotne, przy weryfikacji prowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Dla odtwarzania oddziaływań nawierzchni asfaltowej na stanowisku badawczym wystarczy zastosowanie bębna przedniego i tylnego bez przeszkód na ich obwodach.
2. Do odtwarzania oddziaływań nawierzchni brukowanej na stanowisku badawczym należy zastosować kombinację przeszkód o wysokości 10 mm i 15 mm umieszczonych przeciwległe na bębnie /rys.11/.



Rys.11. Rozmieszczenie przeszkód dla odwzorowania nawierzchni brukowanej

3. Dla odtwarzania oddziaływań nawierzchni drogi polnej na stanowisku badawczym wystarczy zastosowanie bębna przedniego i tylnego z pojedynczymi przeszkodami o wysokości 20 mm /rys.12/.



Rys.12. Rozmieszczenie przeszkód dla odwzorowania nawierzchni drogi polnej

DROGA POLNA

Uwzględniając sumę pól między widmami eksploatacyjnymi i stanowiskowymi, ze względu na małą wartość różnicującą interesujące nas przebiegi, można uznać wyżej zaproponowany wybór za uzasadniony. Należy jednak zaznaczyć, że system wnioskowania, oparty na zasadzie minimalnej sumy pól idącej do zera dla idealnej zgodności przebiegu eksploatacyjnego i stanowiskowego daje najwyżej jeden lub dwa wyniki zmierzające do zera - w pozostałych uzyskiwano warunki sprzyjające wzajemnej redukcji.

7. Podsumowanie

Przedstawiona metoda postępowania dla określenia sposobu modelowania zmiennych obciążeń pochodzących od rodzaju nawierzchni jest jedną z metod na drodze do określenia najbardziej reprezentatywnego sposobu postępowania. W powyższych badaniach porównawczy nośnik informacyjny stanowiły naprężenia wywołane od nierówności nawierzchni w wybranych punktach konstrukcji motocykla.

Kontynuując powyższe badania niezbędną staje się konieczność przeanalizowania przyspieszeń występujących w wybranych węzłach motocykla. Dlatego też przedstawioną metodę należy traktować jako propozycję do opracowania optymalnego sposobu odwzorowywania nierówności nawierzchni na stanowisku badawczym.

Przyjęty sposób opracowywania oscylogramów oraz porównanie widm obciążeń eksploatacyjnych ze stanowiskowymi na obecnym etapie badań spełnia warunki postawione na wstępie.

Aby uniknąć bardzo pracochłonnych odczytów z taśm oscylograficznych należy w przyszłości prowadzić zapis na taśmach magnetycznych i korzystać z maszynowych metod schematyzacji zapisów.

Literatura

- [1] Dwiliński L. i inni: Metodyka badania niezawodności maszyn rolniczych. Zeszyt Szkoły Zimowej 73. Jaszowiec 1973
- [2] Jazdon A.: Badania niezawodności pojazdów jednośladowych na przykładzie motorowerów. Politechnika Poznańska 1975
- [3] Jazdon A., Wośko Z.: Sprawozdanie z przyspieszonych eksploatacyjnych badań niezawodności motocykli WSK-125 typ M 06 B3. ATR Bydgoszcz, BZ-27/74, 1976
- [4] Parchilowski I.G.: Issledowanie wieroiatnostnykh charakteristik po-wierchnosti rasprostranennykh tipov dorog. Awtomobilnaia promyshlennost nr 8, 1968
- [5] Pewzner I.M.: Rasczet kolebanii awtomobilia pri razlicznykh statisticheskikh charakteristikakh dorozhnowo mikroprofilu. NAMI, 1966
- [6] Przygórzewski A. i inni: Metody opracowania widm obciążeń. PIMR, 1970
- [7] Rotenberg R.W.: Zawieszenie samochodu. W.K. i Ł. Warszawa, 1974
- [8] Swesznikow A.A.: Prikładnyje metody teorii słuszainykh funkcji. Nauka, Moskwa 1968
- [9] Wenzel E.S.: Teoria wieroijatnosti. Fizmatgiz, 1962
- [10] Wiatr H., Krawczyński J.: Metody opracowania widm obciążeń elementów i zespołów maszyn rolniczych. PIMR, Poznań 1969
- [11] Wielikanow D.P.: Ekspliatacjonnyje kaczestwa awtomobilej. Awtotransport 1972
- [12] Woliński A., Flizikowski J.: Wpływ nierówności nawierzchni na obciążenia w wybranych punktach motocykla WSK-125 typ M0 6B3. ZN ATR Nr 17 Mechanika
- [13] Artykuł opracowany na podstawie danych z badań i pomiarów prowadzonych w ramach pracy naukowo-badawczej BZ 27/74, wykonywanej w ATR Bydgoszcz dla Wytwórni Sprzętu Komunikacyjnego w Świdniku. Kierownik pracy - dr inż. Andrzej Jazdon

A RESEARCH ON POSSIBILITY OF REPRESENTATION OF ROAD SURFACE REACTION
IN TEST STANDS OF MOTOR-CYCLE WSK TYPE M06B3

Summary

The paper deals with characteristics of road microprofile which cause additional loading of the frame and drive system occurring during practical operation. There were given load characteristics in selected points of the motor-cycle, way of simulating surface irregularities on the test stand as well as there were compared load characteristics occurring in practical operation and on the test stand.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ КОПИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ В
СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ МОТОЦИКЛА WSK ТУР МО6 В3

Резюме

В статье представлены характеристики микропрофиля дорог воздействующих на нагрузку рамы и ходовой части машины, выступающие в условиях нормальной ее эксплуатации. Даны нагрузочные характеристики в избранных точках конструкции мотоцикла, способ моделирования неровностей на испытательном стенде и сравнение нагрузочных характеристик выступающих в условиях естественной эксплуатации и на испытательном стенде

Andrzej Jazdon

PROBLEMY PROGRAMOWANYCH BADAŃ
NIEZAWODNOŚCI OBIEKTÓW TECHNICZNYCH
I PRZYKŁADY ICH ROZWIĄZYWANIA

W artykule przedstawiono, istotne zdaniem autora, problemy programowanych badań niezawodności obiektów technicznych oraz sposoby i etapy ich rozwiązywania. Rozważania ilustrowano przykładami zaczerpniętymi z prowadzonych badań niezawodności pojazdów jednośladowych.

1. Wprowadzenie

Efektywne oddziaływanie na niezawodność obiektów technicznych wymaga prowadzenia prac teoretycznych nad tym zagadnieniem oraz organizowania różnego rodzaju badań. Badania doświadczalne oraz rozważania teoretyczne winny się wzajemnie przeplatać i przenikać, gdyż każda z tych działalności dostarcza odmiennych informacji, niezbędnych nie tylko do efektywnego oddziaływania na niezawodność badanych obiektów lecz także niezbędnych do ciągłego doskonalenia procesu badań i dociekań naukowych.

W procesie podwyższania niezawodności obiektów technicznych należy uwzględnić prowadzenie badań na różnych etapach "życia" obiektu /projektowanie, konstruowanie, wytwarzanie, eksploatacja/, jak i na różnych poziomach szczegółowości /element, zespół, obiekt techniczny, system eksploatacji/.

Ze względu na warunki przeprowadzania badań niezawodności można podzielić je na dwie grupy:

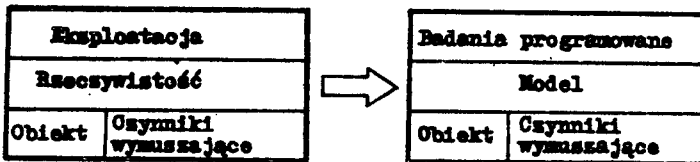
- badania w naturalnych warunkach eksploatacji,
- badania programowane.

Przedmiotem artykułu będzie przedstawienie podstawowych problemów, które występują podczas opracowania metod programowanych badań niezawodności obiektów technicznych. Niektóre zagadnienia ilustrowane będą przykładami zaczerpniętymi z prowadzonych przez autora programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych.

2. Charakterystyka programowanych badań niezawodności

Prowadzenie badań niezawodności obiektów technicznych w naturalnych warunkach eksploatacji polega na obserwacji zachowania się obiektu /z punktu widzenia niezawodności/ w toku procesu roboczego, bez ingerowania w jakikolwiek sposób w przebieg tego procesu. Zatem przez eksploatacyjne badanie niezawodności obiektów technicznych rozumie się badania, których przebieg nie zakłóca naturalnego procesu eksploatacji badanych obiektów.

W badaniach tych mamy do czynienia z rzeczywistym obiektem technicznym oraz rzeczywistym oddziaływaniem eksploatacyjnych czynników wymuszających /rys.1/.



Rys.1. Istota badań eksploatacyjnych i programowanych

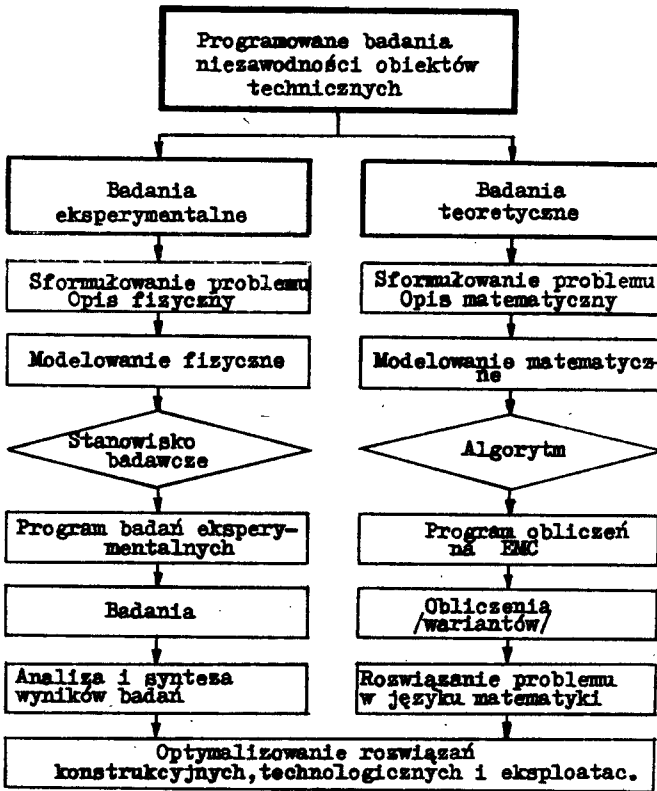
Zupełnie odmienna jest idea badań programowanych, przez które rozumie się badania, w toku których rzeczywiste, losowe oddziaływanie eksploatacyjnych czynników wymuszających modelowane jest według z góry opracowanych, zdeterminowanych programów oddziaływań tych czynników, spełniających określone wymogi formalne i fizyczne, przy czym obiekt rzeczywisty może być także zastąpiony modelem /fizycznym lub matematycznym/.

Problemy badań niezawodności mogą być rozwiązywane w obszarze badań eksperymentalnych oraz teoretycznych /rys.2/. W każdym jednak przypadku powodzenie programowanych badań niezawodności uwarunkowane będzie stopniem rozpoznania rzeczywistości eksploatacyjnej oraz przyjęciem odpowiadającego jej modelu.

3. Podstawowe założenia

Zdarzeniem, na które oczekuje się w badaniach niezawodności obiektów technicznych jest uszkodzenie obiektu, występujące pod wpływem przenoszonej przez obiekt energii: mechanicznej, cieplnej, elektrycznej itp.

Intensywność uszkodzeń obiektów technicznych zależy w zasadzie od własności początkowych, jakie posiada obiekt po ukończonym procesie wytwarzania oraz od rodzaju i intensywności oddziaływania eksploatacyjnych czynników wymuszających.



Rys.2. Analogie badań eksperymentalnych oraz teoretycznych

Własności początkowe obiektu, istotne ze względu na występowanie jego uszkodzeń, przedstawić można w postaci macierzy [17]:

$$C = C [i, j]$$

gdzie:

- i - oznacza kolejne grupy własności
- j - ilość własności w i-tej grupie

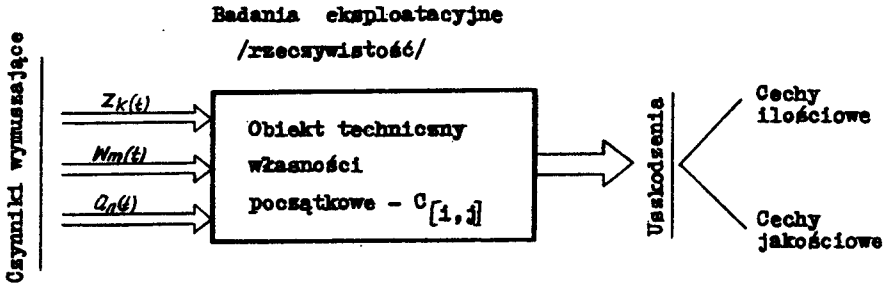
Wśród eksploatacyjnych czynników wymuszających wyróżnia się natomiast:

$Z_k/t/$ - zbiór czynników zewnętrznych, związanych z otoczeniem, w którym obiekt jest eksploatowany,

$W_n/t/$ - zbiór czynników wewnętrznych /roboczych/, wynikających z funkcjonowania obiektu technicznego,

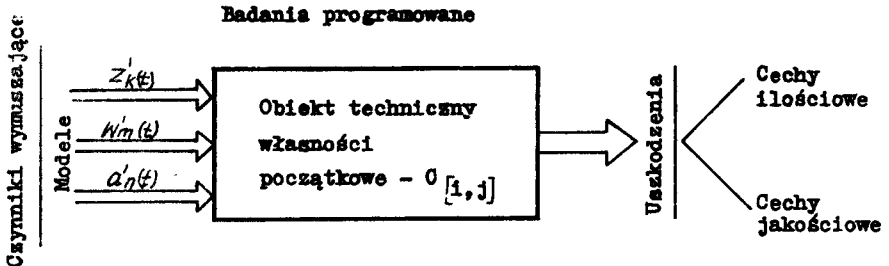
$Q_n/t/$ - zbiór czynników antropotechnicznych, wynikających ze świadomej lub nieświadomej działalności człowieka w systemie: człowiek - obiekt techniczny.

Podstawowy zatem problem programowanych badań niezawodności dotyczy opracowania takiego modelu oddziaływania eksploatacyjnych czynników wymuszających oraz ewentualnie modelu obiektu badań, aby charakterystyki uszkodzeń ocenianych obiektów, opracowane w oparciu o dane z badań eksploatacyjnych i programowanych różniły się w sensie statystycznym w sposób nieistotny. Dotyczy to tak ilościowych jak i jakościowych cech uszkodzeń.



Rys.3. Model badań eksploatacyjnych

Przedmiotem dalszych rozważań będą niektóre zagadnienia programowanych badań niezawodności /badań eksperymentalnych/, w toku których badane są obiekty rzeczywiste, a modelowaniu podlegają czynniki wymuszające oddziałujące na te obiekty podczas eksploatacji /rys.4/.



Rys.4. Model prowadzonych badań programowanych

4. Etapy rozwiązywania zagadnienia

Opracowanie metod eksperymentalnych programowanych badań niezawodności obiektów technicznych wymaga przeprowadzenia szeregu prac, które pogrupować można w następujących, kolejnych etapach:

- ocena wpływu eksploatacyjnych czynników wymuszających na występowanie uszkodzeń badanych obiektów i wytypowanie czynników dominujących,
- zbieranie danych o eksploatacyjnych czynnikach wymuszających i ich

statystyczne opracowanie,

- opracowanie zasad i programów modelowania wytypowanych dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających w toku badań programowanych,
- opracowanie projektu stanowiska lub poligomu, które umożliwią modelowanie wytypowanych czynników zgodnie z opracowanymi uprzednio zasadami,
- doświadczalne sprawdzenie opracowanej metody programowanych badań niezawodności obiektów.

5. Ocena wpływu eksploatacyjnych czynników wymuszających na występowanie uszkodzeń obiektów. Wytypowanie czynników dominujących

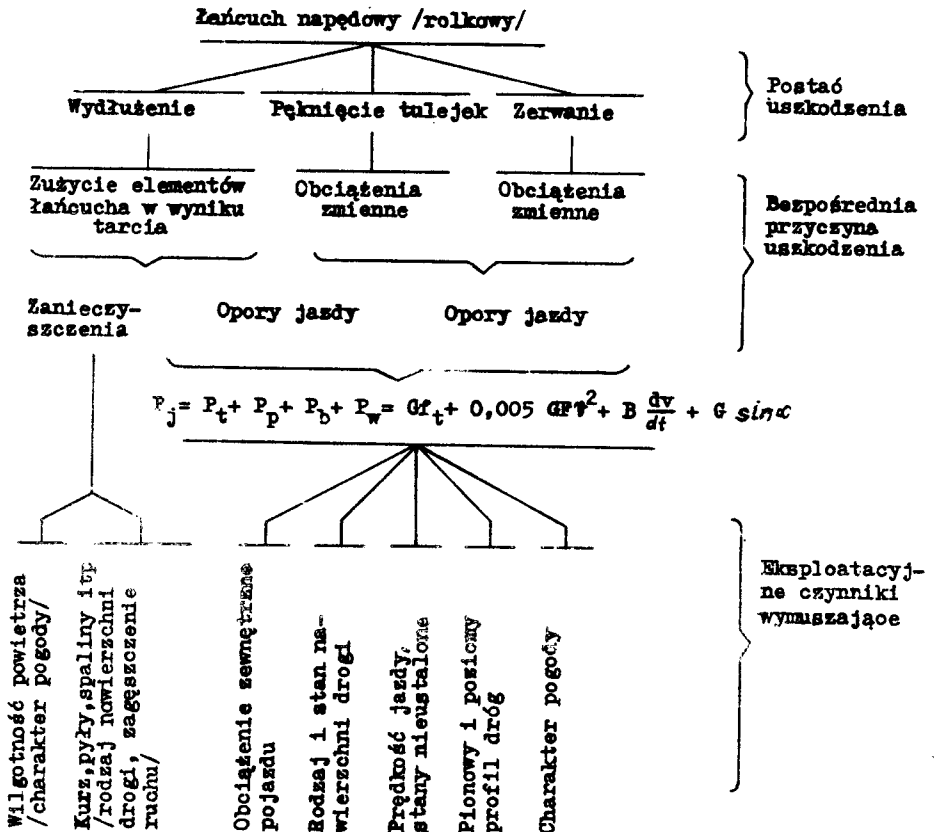
Obiekty techniczne, w tym szczególnie maszyny, pojazdy i urządzenia mechaniczne użytkowane są zazwyczaj przy często zmieniających się parametrach pracy oraz warunkach otoczenia. Narażone są tym samym na oddziaływanie różnorodnych czynników wymuszających. Nie wszystkie z tych czynników odgrywają istotne znaczenie i wywierają podobny wpływ na występowanie uszkodzeń badanych obiektów. Wśród zbioru eksploatacyjnych czynników wymuszających zawsze można wyodrębnić podzbiór czynników dominujących, decydujących o intensywności występowania uszkodzeń obiektów. Modelowanie podczas badań programowanych tylko tych czynników pozwoli na uproszczenie badań, stwarzając jednocześnie szansę uzyskania zbliżonych do warunków eksploatacyjnych wyników.

Istotnym zagadnieniem będzie zatem trafne wytypowanie czynników wymuszających, które w toku eksploatacji obiektów odgrywają decydujący wpływ na występowanie ich uszkodzeń. Zagadnienie to winno być rozwiązywane w oparciu o:

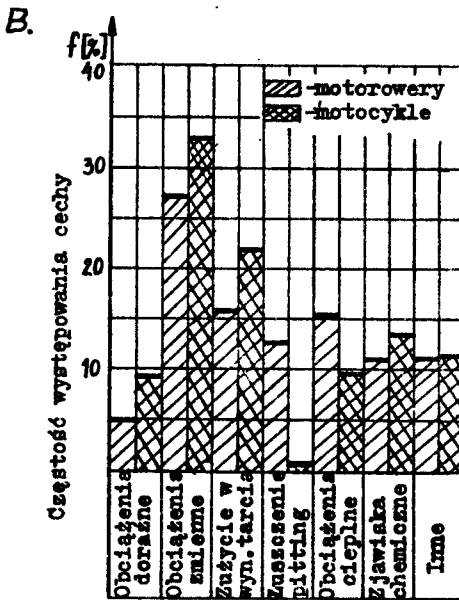
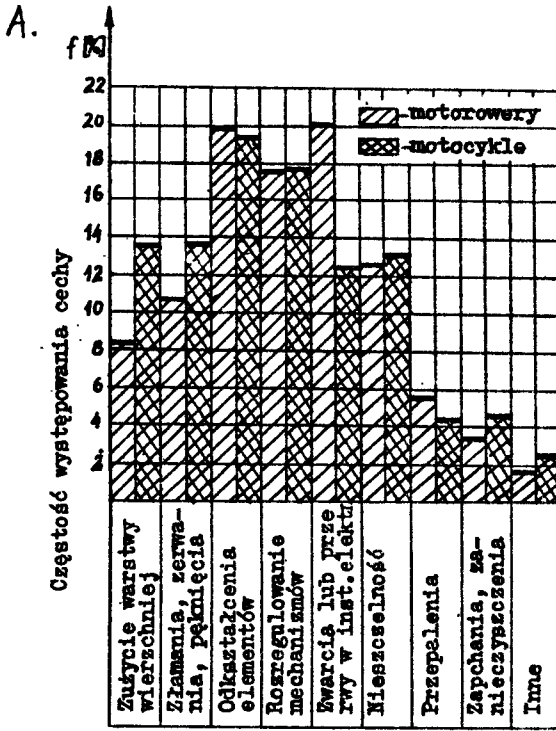
- a/ analizę postaci i przyczyn uszkodzeń obiektów występujących w toku naturalnej eksploatacji,
- b/ ocenę sposobu wykorzystania badanych obiektów,
- c/ analizę warunków pracy elementów i zespołów badanych obiektów w różnych sytuacjach eksploatacyjnych.

Ponieważ skutkiem oddziaływania eksploatacyjnych czynników wymuszających są uszkodzenia obiektu, najpełniejszą informacją o tych czynnikach winna dostarczyć analiza postaci i przyczyn występujących podczas eksploatacji uszkodzeń obiektu. Analiza taka winna być opracowana w oparciu o obszernie dane zebrane w toku badań eksploatacyjnych. Na rys.5 przedstawiono przykład wyznaczania czynników wymuszających, decydujących o uszkodzeniach łańcuchów napędowych pojazdów, a na rys.6 - zbiorczą charakterystykę postaci i przyczyn uszkodzeń motorowerów i motocykli, opracowaną na podstawie danych z wieloletnich badań eksploatacyjnych. W oparciu o te informacje oraz przeprowadzoną analizę sposobu wykorzystania oraz warunków pracy pojazdów jednośladowych, wytypowano dla tych obiektów następujące dominujące eksploatacyjne czynniki wymuszające:

- obciążenia zewnętrzne pojazdu,
- charakter oraz wartość nierówności nawierzchni dróg,
- prędkość jazdy po drogach o poszczególnych nawierzchniach,
- stany niestabilne wynikające z wykonywanych manewrów przyspieszania i hamowania,
- temperatura powietrza,
- wilgotność powietrza,
- porę dnia /warunkującą użytkowanie elementów oświetlenia pojazdu oraz obciążenia cieplne silnika i ogumienia/.



Rys.5. Tok postępowania przy wyznaczaniu dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających



Rys. 6. Postacie i przyczyny uszkodzeń motorowców i motocykli

6. Badanie i ocena eksploatacyjnych czynników wymuszających

Kolejnym bardzo istotnym, a zarazem trudnym i pracochłonnym etapem w opracowywaniu metod badań programowanych jest dokonanie oceny i opracowanie charakterystyk statystycznych wytypowanych czynników wymuszających. Wyodrębnić można w tym etapie dwie fazy:

- prowadzenie badań i pomiarów celem zebrania wymaganych danych,
- analizę uzyskanych danych i opracowanie statystycznych charakterystyk ocenianych wielkości.

Podstawowe znaczenie dla tego etapu ma zebranie wiarygodnych i reprezentatywnych danych potrzebnych do wyznaczania charakterystyk statystycznych ocenianych wielkości charakteryzujących wytypowane czynniki wymuszające. W tym celu niezbędne jest przeprowadzenie szeregu badań i pomiarów. W przypadku dokonywania oceny warunków eksploatacji pojazdów jednośladowych przeprowadzono kilkuletnie eksploatacyjne badania niezawodności tych pojazdów, w toku których rejestrowano dane dotyczące eksploatacji, badania ankietowe, a także specjalnie organizowane badania i pomiary wytypowanych czynników wymuszających. Metodę tych badań i pomiarów przedstawiono między innymi w pracach [7, 8, 9].

Opracowanie, na podstawie zebranych danych, statystycznych charakterystyk ocenianych wielkości stanowi kolejny etap rozwiązywania zadania. Eksploatacyjny stan obiektu będzie określony, jeżeli znana będzie n-wymiarowa gęstość prawdopodobieństwa, która na podstawie założenia niezależności poszczególnych parametrów może być obliczona z następujących zależności:

$$f / x_1, x_2, x_3 \dots x_n / = f / x_1 / \cdot f / x_2 / \cdot f / x_3 / \cdot \dots \cdot f / x_n /$$

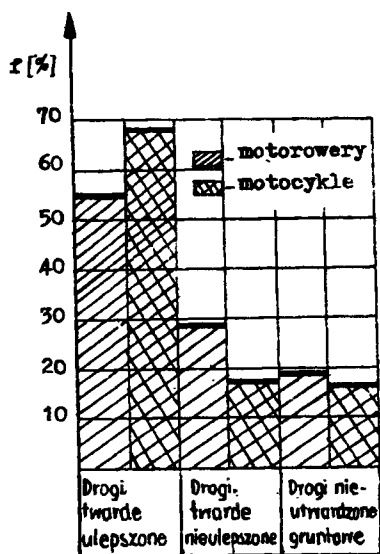
gdzie:

x_i - zbiór zmiennych /z reguły losowych/, odpowiadających np. prędkości ruchu, częstości włączeń mechanizmów, mikroprofilowi nawierzchni itp.

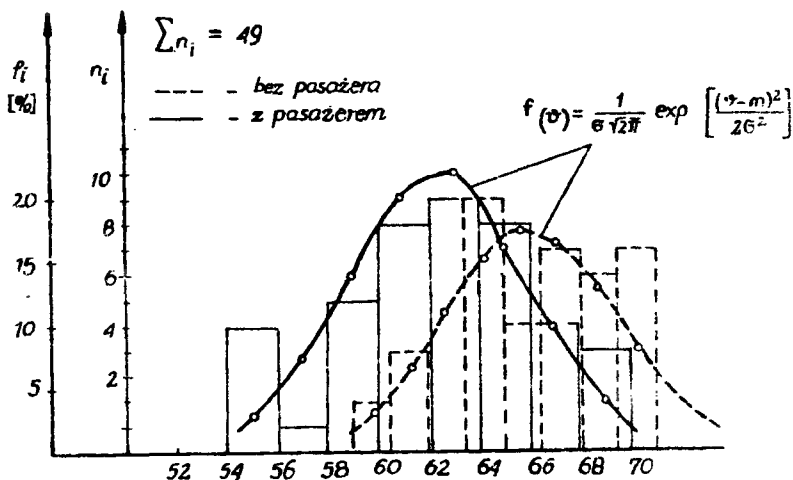
$f / x_i /$ - gęstość prawdopodobieństwa x_i

Przykłady opracowania tego typu rozkładów dla niektórych czynników wymuszających oddziaływujących na pojazdy jednośladowe, opracowane na podstawie danych z badań eksploatacyjnych zilustrowano na rys.7 i 8.

Z reguły przebiegi eksploatacyjnych czynników wymuszających są stochastyczne. Poznanie charakteru losowych zmian tych wielkości posiada podstawowe znaczenie dla podejmowania decyzji dotyczących metod modelowania poszczególnych czynników wymuszających oraz wynikającego stąd wymaganego zakresu niezbędnych opracowań statystycznych.



Rys. 7. Udziały użytkowania pojazdów po drogach o różnych nawierzchniach



| | v [km/h] | S | γ | a | e | $N < \mu < Ng$ | χ^2_{obst} | χ^2_{tab} | m | σ | |
|--------------|------------|------|----------|-------|------|----------------|------------------------|-----------------------|-----|----------|-------|
| z pasażerem | 62,42 | 3,69 | 0,059 | 0,270 | 2,36 | 61,383 | 63,471 | 0,67 | 949 | 62,42 | 3,69 |
| bez pasażera | 65,999 | 3,35 | 0,05 | 0,078 | 2,19 | 65,04 | 66,949 | 5,38 | 949 | 65,999 | 3,359 |

Rys. 8. Rozkład prędkości jazdy motocyklem po drodze o nawierzchni twardej ulepszonej

Proces losowy jest określony, gdy znane są wszelkie wielowymiarowe rozkłady

$$f_n / x_1, x_2, x_3 \dots x_n; t_1, t_2, t_3 \dots t_n /$$

dla dowolnych wartości $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ z zakresu obszaru zmienności argumentu t [17]. W praktycznych rozważaniach nie wychodzi się na ogół poza dwuwymiarowe rozkłady prawdopodobieństwa.

W zagadnieniach oceny oraz modelowania czynników wymuszających interesuje nas informacja co do stacjonarności oraz ergodyczności ocenianej funkcji losowej, a także rozkładu prawdopodobieństwa wartości tej funkcji. Rozróżnia się funkcje niestacjonarne oraz stacjonarne w wąskim i szerokim sensie.

Stacjonarność w szerokim sensie zachodzi dla takiej funkcji losowej X/t , której wartość oczekiwana jest stała, a funkcja korelacyjna zależy tylko od różnicy argumentów t_1, t_2 , czyli:

$$R_X / t_1, t_2 / = R_X / \tau /$$

gdzie:

$$\tau = t_2 - t_1$$

Funkcja losowa jest stacjonarna w wąskim sensie, jeżeli jej n -wymiarowa gęstość prawdopodobieństwa $f_n / x_1, x_2 \dots x_n; t_1, t_2 \dots t_n /$ zależy, dla danego n , jedynie od długości przedziałów $t_2 - t_1, t_3 - t_1, \dots t_n - t_1$ i nie zależy od położenia tych przedziałów w obszarze zmienności t .

Ergodyczność funkcji polega na ekwiwalentności średniej w czasie t i średniej w zbiorze realizacji funkcji. Warunkiem wystarczającym na to, aby stacjonarna funkcja losowa X/t była ergodyczna, jest aby

$$\lim_{\tau \rightarrow \infty} R_X / \tau / = 0$$

Jeżeli funkcja losowa jest ergodyczna, to dla oceny jej charakterystyk statystycznych wystarczy rozpatrywać jedną realizację dostatecznie długotrwałą w czasie.

Jeżeli rozkład prawdopodobieństwa wartości funkcji losowej jest rozkładem normalnym, to takie funkcje nazywa się normalnymi.

Wstępnych danych dotyczących stacjonarności funkcji losowych eksploatacyjnych czynników wymuszających dostarcza badanie ustalania się wartości średniej i wariancji w czasie. Badania te polegają na obliczaniu wartości średniej i wariancji dla stopniowo rosnącego czasu trwania realizacji. Istotne znaczenie dla określenia stacjonarności ma analiza korelacyjna /analiza czasowa/, która może być oparta na funkcji autokorelacji jednego przebiegu lub korelacji wzajemnych dwóch przebiegów.

Matematyczna postać funkcji korelacyjnej wyraża się mieszanym momen-

tem drugiego rzędu:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot x(t + \tau) dt$$

lub w postaci dyskretnej

$$R_x(\tau) = \frac{1}{N} \sum_0^N x(i\Delta t) \cdot x[(i + j)\Delta t]$$

gdzie:

$$\Delta t = \frac{T}{N} \text{ - krok dyskretyzacji}$$

$$j = 1, 2, 3 \dots$$

$$i = 1, 2, 3 \dots N$$

$$t = i\Delta t$$

$$\tau = j\Delta t$$

Strukturę częstotliwościową stacjonarnej funkcji losowej opisuje gęstość widmowa, którą otrzymuje się biorąc np. transformatę Fouriera jej funkcji korelacyjnej

$$G_x(\omega) = \frac{2}{T} \int_0^{\infty} R_x(\tau) \cos \omega \tau d\tau$$

Typ rozkładu określa się natomiast znanymi sposobami z wykorzystaniem testów zgodności np. χ^2 , λ - Kolmogorowa lub na podstawie wartości ocen ekscesu \bar{E} i asymetrii \bar{A} [5], które oblicza się z zależności:

$$\bar{E} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|^4}{s^4} ; \quad \bar{A} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - \bar{x}|^3}{s^3}$$

Tak więc w przypadku potrzeby przeprowadzenia analizy probabilistycznej zarejestrowanych przebiegów stochastycznych ocenianych wielkości zastosowanie znajdują:

- analiza amplitudowa,
- analiza częstotliwościowa,
- analiza korelacyjna.

Zadaniem analizy amplitudowej, opartej o tzw. metody klasowania /aproxymacji/ losowych przebiegów, jest określenie rozkładów prawdopodobieństwa i statystycznych charakterystyk $\{\bar{x}, D_x\}$ losowych przebiegów.

Analiza częstotliwościowa procesów losowych umożliwia opisanie oddziaływania czynnika wymuszającego zmiany stanów fizycznych badanego obiektu.

tu, od strony częstotliwości, za pomocą gęstości widna mocy. Gęstość widmową można wyznaczyć bezpośrednio z realizacji funkcji losowej. W przypadku modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających w badaniach programowanych, analiza częstotliwościowa umożliwi stosowanie wymuszenia losowego.

Analiza korelacyjna pozwala charakteryzować proces zachodzący w badanych obiektach przez porównanie wejścia /przyczyny/ i wyjścia /skutki/, poprzez ocenę ilościowego podobieństwa między dwoma formami przebiegów. Analiza korelacyjna umożliwi także wyznaczenie z funkcji autokorelacji, składowych okresowych /drgan mechanicznych, naprężeń/ dając informację co do źródła wymuszeń wywołujących te składowe.

Przykłady zastosowania omówionych metod w programowanych badaniach różnych obiektów technicznych, w tym pojazdów mechanicznych, zawarte są m.in. w pracach [1, 2, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17].

7. Modelowanie eksploatacyjnych czynników wymuszających w badaniach programowanych

Istotnym zagadnieniem i kolejnym etapem programowanych /eksperymentalnych/ badań niezawodności obiektów technicznych stanowi opracowanie zasad modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających na stanowiskach czy też poligonach badawczych. Przyjęcie sposobu modelowania tych czynników winno być oparte na znajomości realizacji i związków przyczynowych pomiędzy zmianami cech obiektu a przebiegiem eksploatacyjnych czynników wymuszających. Częsty brak takich informacji powoduje w badaniach programowanych dążenie do naśladownictwa oddziaływań eksploatacyjnych czynników wymuszających na obiekt. Dalszym etapem jest odejście od bezpośredniego naśladownictwa oddziaływań tych czynników i przyjmowanie oddziaływań zastępczych o charakterystykach statystycznych zbliżonych do charakterystyk statycznych eksploatacyjnych czynników wymuszających. Taką zasadę modelowania dominujących eksploatacyjnych czynników wymuszających przyjęto w programowanych badaniach niezawodności pojazdów jednośladowych.

Problemem technicznym badań programowanych jest rozwiązanie sposobu odtwarzania czynników wymuszających na stanowisku czy poligonie. Modelowany proces może być odtwarzany na rozmaitych urządzeniach z różną dokładnością, może być sterowany przez opracowane programy lub przez zapis rzeczywistych wytypowanych losowo przebiegów, zarejestrowanych na taśmach magnetycznych. Nowoczesne rozwiązanie w tym zakresie stanowi zastosowanie maszyn cyfrowych, które nie tylko sterują przebiegiem badań oraz samym procesem pomiaru interesujących nas wielkości, lecz są także wykorzystywane do przetwarzania i rejestrowania danych z pomiarów w postaci cyfrowej lub analogowej. Wykorzystanie urządzeń elektronicznych w połączeniu z układami elektropneumatycznymi lub elektroserwohydraulicznymi pozwala na od-

tworzenie skomplikowanych przebiegów eksploatacyjnych czynników wymuszających. W tej sytuacji w celu podniesienia z jednej strony efektywności badań, a z drugiej ograniczenia nakładów finansowych niezbędnych przy budowie skomplikowanych poligonów i stanowisk badawczych wydaje się za celowe poszukiwanie takich zasad i sposobów modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających, które uwzględniając potrzebę upraszczania rzeczywistych warunków eksploatacji w toku badań zapewniałyby uzyskiwanie przydatnych dla praktyki przemysłowej wyników badań.

Kierując się powyższymi przesłankami opracowano w Instytucie Technologii i Eksploatacji Maszyn Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy metodykę programowanych, stanowiskowych badań niezawodności motocykli oraz zaprojektowano i wykonano stanowisko badawcze [7, 8, 9, 16].

W toku programowanych badań niezawodności motocykli realizowanych jest sześć programów modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających, a mianowicie:

- program modelowania obciążeń zewnętrznych,
- program modelowania nierówności nawierzchni, w dwóch odmianach:
 - a/ zdeterminowanej za pośrednictwem przeszkód mocowanych do bębnow jezdnych,
 - b/ stochastycznej z zastosowaniem elektrohydraulicznego wymuszania drgań bębnow,
- program modelowania oporów jazdy,
- program modelowania stanów nieustalonych pojazdu,
- program modelowania warunków klimatycznych,
- program sterowania /modelowania/ oświetleniem pojazdu.

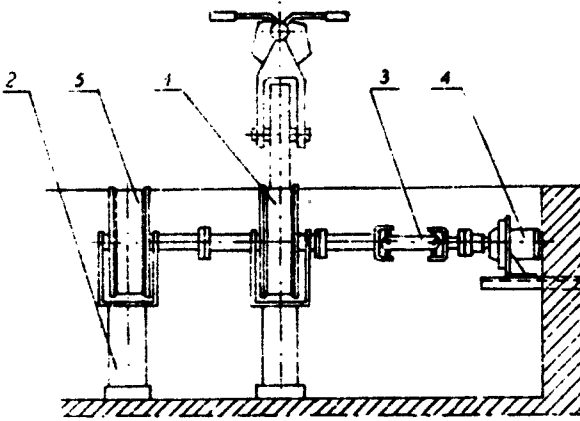
Na rys.9 +16 przedstawiono zasady modelowania nierówności nawierzchni dróg oraz oporów jazdy. Każdy program charakteryzuje specyficzny dla danego czynnika wymuszającego okres programu, który waha się od kilku minut do kilku godzin. Fazowe przesunięcie poszczególnych programów w czasie, wprowadza dodatkową losowość w modelowaniu eksploatacyjnych czynników wymuszających. Wyjaśnić ponadto należy, że podczas badań wszystkie zespoły i elementy pojazdu wykonują zadane im funkcje, a warunki ich pracy są zbliżone do rzeczywistych. Ponadto podczas badań stanowiskowych zachowano te same co w badaniach eksploatacyjnych zasady odnawiania pojazdów oraz wykonywania obsługa.

8. Ocena opracowanych metod programowanych badań niezawodności obiektów technicznych

Ostatnim etapem procesu opracowywania metod programowanych badań niezawodności jest teoretyczne i doświadczalne sprawdzenie słuszności zaproponowanych rozwiązań metodycznych i zasad prowadzenia badań.

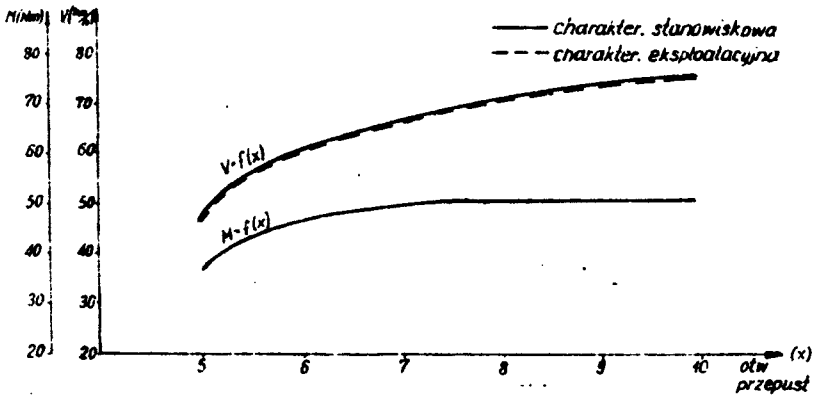
$$P_n = P_t - P_p + P_b$$

$$F_r = G \cdot f_t \cdot 0.05 C F v^2 \cdot B \frac{1}{2} \rho$$

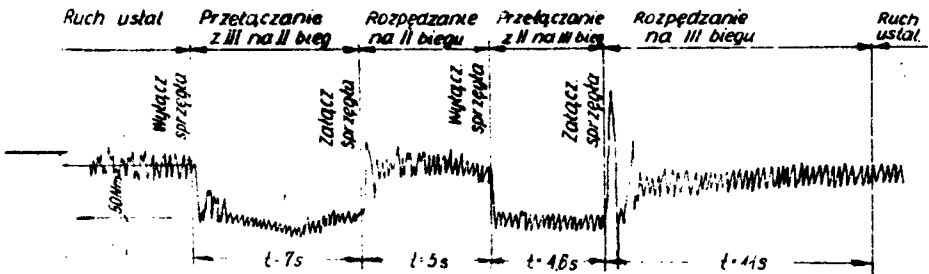


- 1- bęben
- 2- stela podpora
- 3- wał przegubowy
- 4- jednostka hydrostatyczne
- 5- masa wirująca

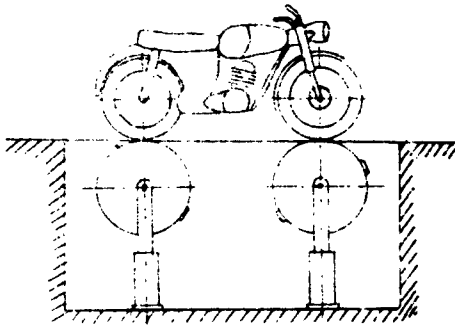
Rys.9. Schemat układu do modelowania oporów ruchu



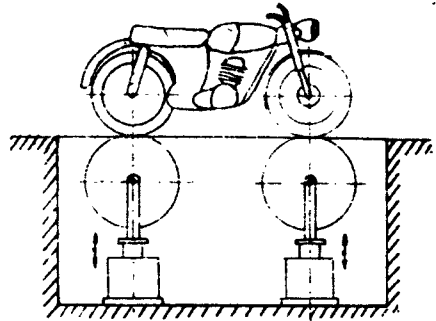
Rys.10. Przebieg funkcji: $V = f(x)$ i $M = f(x)$



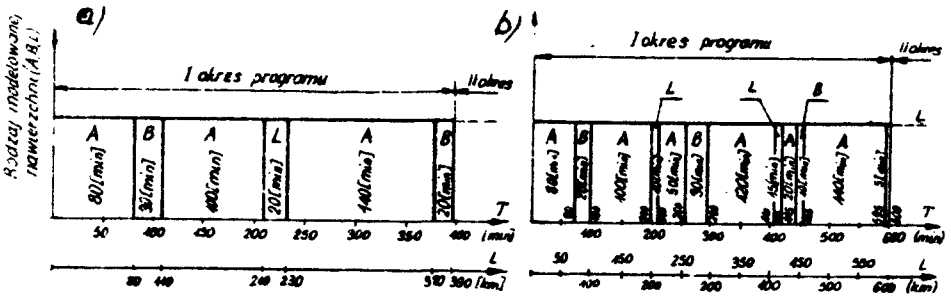
Rys.11. Przebieg zmian $M = f(t)$



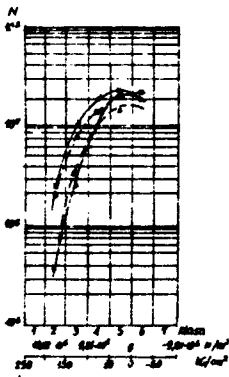
Rys.12. Układ wymuszeń zdeterminowanych



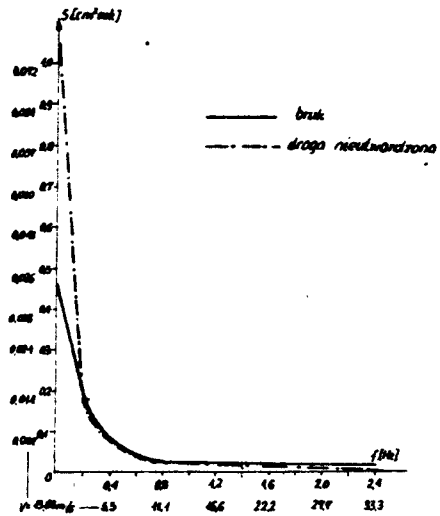
Rys.13. Układ wymuszeń pseudolosowych



Rys.14. Programy czasowe modelowania nierówności nawierzchni dróg:
a/ dla wymuszeń zdeterminowanych b/ dla wymuszeń pseudolosowych



Rys.15. Porównanie widm naprężeń



Rys.16. Funkcje gęstości mocy widmowej

Ostatecznym sprawdzianem prawidłowości opracowanych programów modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających na stanowisku czy poligonie badawczym stanowiąc winien stopień zgodności przebiegów procesów uszkodzeń badanych obiektów w eksploatacji i podczas badań programowanych. Chodzi tu o zgodność nie tylko w sensie ilościowym, wyrażającą się w podobieństwie częstości i kolejności występowania uszkodzeń elementów obiektów, lecz także o zgodność jakościową, czyli o zgodność postaci i przyczyn uszkodzeń tych elementów.

Przyjąć można, że ilościowe podobieństwo występujących uszkodzeń będzie wystarczające gdy:

- a/ wartości liczbowe wskaźników niezawodności wyznaczone w oparciu o dane z badań eksploatacyjnych i programowanych nie będą w sensie statystycznym różnić się w sposób istotny,
- b/ wystąpi podobieństwo postaci rozkładu dwóch empirycznych funkcji, wyznaczonych dla rozpatrywanych zmiennych losowych,
- c/ częstości uszkodzeń zespołów pojazdu, a także elementów stanowiących jego słabe ogniwa, różnić się będą w sposób statystycznie nieistotny.

Podobieństwo uszkodzeń w sensie jakościowym sprawdzić można na podstawie porównania struktury postaci, przyczyn i następstw uszkodzeń, tak dla całych obiektów jak i ich zespołów i elementów.

Dla statystycznej oceny występującego podobieństwa wyników badań dużą przydatność wykazują m.in. następujące metody wnioskowania statystycznego:

- weryfikowanie hipotez dotyczących rozkładu badanej cechy z zastosowaniem testów zgodności, np. χ^2 lub Λ -Kolmogorowa,
- sprawdzanie jednorodności danych statystycznych pochodzących z dwóch rodzajów badań metodami nieparametrycznymi, np. przy wykorzystaniu testu Wilcozona - Manna - Whitney'a lub testu Smirnowa,
- stosowanie testu dla dwóch wskaźników struktury /przydatny np. do sprawdzania zgodności struktur postaci i przyczyn uszkodzeń występujących w porównywanych badaniach/,
- test dla dwóch średnich oraz test dla dwóch wariancji i inne.

Opisy tych metod wnioskowania statystycznego znaleźć można m.in. w pracach [3, 4], natomiast ich praktyczne wykorzystanie dla porównania wyników badań eksploatacyjnych i programowanych przedstawiono w opracowaniach [7, 8].

9. Zakończenie

W artykule przedstawiono podstawowe zdaniem autora zagadnienia programowanych badań niezawodności obiektów technicznych oraz przykłady ich rozwiązywania zaczerpnięte z badań niezawodności motocykli i motorowerów. Uzyskane rezultaty z dotychczas przeprowadzonych badań pozwalają sądzić, że kierunki prowadzonych badań, zaproponowane metody oraz etapy rozwiązywania występujących zagadnień są właściwe.

Literatura

- [1] Arczyński St., Lebkowski P.: O pewnym sposobie symulacji wymuszeń kinematycznych drgań przyczepki jednoosiowej na stanowisku bębnowym. Postęp w badaniach pojazdów samochodowych. PAN, Ossolineum 1976
- [2] Czeczot O., Dwiliński L., Fąfara R., Smalko Zb.: Przyspieszone badania maszyn rolniczych. PWRiL, Warszawa 1977
- [3] Gniedenko B.W., Bielajew J.K., Sołowiew A.D.: Metody matematyczne w teorii niezawodności. WNT, Warszawa 1968
- [4] Greń J.: Modele i zadania statystyki matematycznej. PWN, Warszawa 1970
- [5] Han T., Sapiro S.: Statističeskie modeli vižniniernych zadačach. Moskwa 1969
- [6] Jacenko N.N.: Drgania, wytrzymałość i przyspieszone badania samochodów ciężarowych. WKiL, Warszawa 1975
- [7] Jazdon A.: Metody badań niezawodności pojazdów jednośladowych na przykładzie badań motorowerów. Politechnika Poznańska, 1975
- [8] Jazdon A.: Wybrane zagadnienia programowanych badań niezawodności pojazdów jednośladowych. Zeszyty Naukowe Nr 47 - Mechanika /17/. ATR, Bydgoszcz 1977
- [9] Jazdon A.: Wybrane zagadnienia modelowania eksploatacyjnych czynników wymuszających w programowanych badaniach niezawodności obiektów technicznych. Materiały "Szkoły Zimowej 81", nt.: "Problemy niezawodności systemów technicznych". OPT, Katowice 1981
- [10] Kleja K.: Zastosowanie analizy amplitudowej, częstotliwościowej i korelacyjnej w badaniach samochodów i silników. Postęp w badaniach pojazdów samochodowych. PAN - Ossolineum, Kraków 1976
- [11] Kobielał T.: Probabilistyczne charakterystyki dróg jako opis wymuszeń działających na pojazd. Praca doktorska. Politechnika Wrocławska 1976
- [12] Nałęcz A., Ziemia St.: Modelowanie, analiza i identyfikacja pojazdów samochodowych jako złożonych układów mechanicznych w ujęciu systemowym. Postęp w badaniach pojazdów samochodowych. PAN - Ossolineum, Kraków 1976
- [13] Rybak H., Ziemia St.: Statystyczne cechy profilu jezdni jako podstawa analizy dynamiki ruchu pojazdów. Zeszyty Naukowe Nr 8 /48/. Politechnika Poznańska 1967
- [14] Rakowski M., Pietraszek M.: Programowane sterowanie stanowiskiem odwzorującym zadane warunki eksploatacji pojazdów. Zeszyty Naukowe Nr 47 - Mechanika /17/. ATR, Bydgoszcz 1977
- [15] Szala J.: Zagadnienie aproksymacji zmian obciążeń o charakterze losowym w programowanych badaniach trwałości zmęczeniowej. Zeszyty Naukowe Nr 26. ATR, Bydgoszcz 1975

- [16] Szala J.: Podstawy programowanych badań i obliczeń znaczeniowych w konstrukcji maszyn. Politechnika Warszawska, 1975
- [17] Praca zbiorowa pod redakcją naukową prof. St. Ziembę: Fizyczne aspekty trwałości i niezawodności obiektów technicznych. PAN - IPPT, Warszawa - Poznań 1976
- [18] Patent PRL, nr 96182 - Stanowisko do przeprowadzania badań niezawodności pojazdów, zwłaszcza jednośladowych. Warszawa 1978

PROBLEMS OF PROGRAMMED RESEARCH ON TECHNICAL OBJECTS RELIABILITY
AND EXAMPLES OF SOLVING THEM

Summary

The paper presents essential-in the author's opinion-problems of programmed research on technical objects reliability as well as ways and stages of solving them. The consideration is illustrated by examples taken from the conducted research on motor-cycles and bicycles reliability.

ПРОБЛЕМЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
И ПРИМЕРЫ ИХ РЕШЕНИЯ

Резюме

В статье представлены, по мнению автора, существенные проблемы программированных исследований надёжности технических объектов, а также способы и этапы решения их. Проблемы эти проиллюстрированы примерами взятыми из проводимых исследований надёжности односледных средств передвижения.

Andrzej Jazdon

PROBLEMY KSZTAŁCENIA EKSPLOATATORÓW POJAZDÓW I MASZYN ROLNICZYCH

W artykule przedstawiono potrzeby kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych, zaproponowano profil kształcenia tych specjalistów oraz odpowiadający temu program studiów.

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych warunków niezbędnego zwiększenia produkcji roślinnej i zwierzęcej jest dalsze szybkie mechanizowanie, a także automatyzowanie procesów produkcyjnych w rolnictwie. Aby to osiągnąć konieczne jest znaczne zwiększenie liczby dostarczanych rolnictwu maszyn, środków transportowych oraz urządzeń technicznych. Tymczasem warto nadmienić, że na 1300 typowmiarów maszyn potrzebnych naszemu rolnictwu, przemysł krajowy dostarcza około 300, a około 1000 jest importowanych. Nasylenie energetyczne polskiego rolnictwa wynosi poniżej 1 kW/ha, gdy tymczasem niezbędny nam wzrost plonów wymaga by nasylenie to wynosiło co najmniej 3 kW/ha [1, 3]. Uwzględniając warunki w jakim przyjdzie tym obiektom pracować, oczywistym jest kolejny postulat, aby maszyny i urządzenia dostarczane rolnictwu były najwyższej jakości.

Nie mniej istotną i pilną potrzebą jest racjonalne wykorzystanie tej ogromnej liczby ciągników i maszyn rolniczych oraz ich właściwe użytkowanie i obsługa. Uwzględniając specyfikę eksploatacji większości maszyn i urządzeń rolniczych, wynikającą z sezonowości produkcji roślinnej, a także wymogów jakie stawia produkcja zwierzęca, stwierdzić można, że zagadnienie gotowości technicznej sprzętu rolniczego posiada znaczenie podstawowe. Dla utrzymania w stanie wysokiej gotowości technicznej tak ogromnego oraz różnorodnego parku maszyn i urządzeń rolniczych niezbędne jest dobrze zorganizowane i sprawnie działające zaplecze techniczne rolnictwa, a także poprawne użytkowanie i wykorzystanie ciągników i maszyn rolniczych.

Niestety sytuacja jaka występuje w zakresie użytkowania i obsługiwanie tych obiektów technicznych musi wzbudzać niepokój. Wykorzystanie parku maszynowego w rolnictwie nie przekracza 60% potencjalnych możliwości. Duża awaryjność maszyn i urządzeń stosowanych w rolnictwie, będąca z jednej

Tabela 1

Eksploatacja maszyn w wybranych zakładach przemysłowych i rolnych woj. bydgoskiego

| Rodzaj zakładów | Resort przemysłu maszynowego | | | | | | Resort rolnictwa | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------|-----------|------------------|----------|----------|--|
| | Zakład przemysłu motoryzacyjnego | Zakład elektro-techniczny | Zakład urządzeń technicznych | Zakład obrabiar-kowego | Zakład spół-dzielcy | Pion PFGR | Pion ZKR | Pion RSP | Pion TOR | |
| Charakterystyczna wielkość | | | | | | | | | | |
| Wartość maszyn i urządzeń technicznych /mln zł/ | 898 | 612 | 35,9 | 125 | 8,5 | 3115 | 2432 | 505 | 457,3 | |
| Roczne koszty obsługi i napraw /mln zł/ | 83,3 | 42 | 5,6 | 20,3 | 1,3 | 647,7 | 2045 | 89 | 88,8 | |
| Liczba pracowników inżynieryjno-technicznych z wykształceniem wyższym | 83 | 63 | 11 | 29 | 2 | 27 | 35 | 3 | 116 | |
| Stosunek kosztów obsługi i napraw do wartości maszyn i urządzeń /%/ | 9,24 | 6,86 | 15,59 | 16,24 | 15,29 | 20,79 | 84,08 | 17,62 | 19,42 | |
| Wartość maszyn i urządzeń technicznych przypadająca na jednego pracownika technicznego /mln zł/ | 10,81 | 9,71 | 3,26 | 4,31 | 4,25 | 115,37 | 69,48 | 168,0 | 3,94 | |

strony wynikiem dużej zawodności tych obiektów, a z drugiej strony wynikiem ich niewłaściwego użytkowania i obsługiwanania powoduje, że nakłady ponieszone przez zakłady rolne na obsługę i naprawę parku maszynowego są znacznie wyższe niż to ma miejsce w zakładach przemysłowych /tab.1/.

Ogólne koszty eksploatacji ciągników, maszyn i urządzeń rolniczych są zatem bardzo wysokie i przeciętnie w skali kraju osiągają wartość blisko 55% wartości brutto eksploatowanego sprzętu, czyli obecnie wynoszą około 200 mld złotych rocznie. W przeliczeniu na 1 ha UR wynosi to ponad 10 tys. złotych, czyli według cen z 1981 r. około 20 q zboża, którego średnie plony wahają się dotychczas w pobliżu 25 q/ha [9].

Dla poprawy stanu eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych, zwiększenia stopnia ich wykorzystania, a w konsekwencji podniesienia efektywności użytkowej i obniżenia kosztów eksploatacji, niezbędna jest wysoko kwalifikowana kadra eksploatatorów pojazdów, maszyn i urządzeń technicznych stosowanych w rolnictwie. Dotyczy to tak kadre na poziomie wyższym, jak i średnim oraz zasadniczym zawodowym /operatorów maszyn/.

2. Stan oraz potrzeby kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych

Zapotrzebowanie na wysoko kwalifikowaną kadre dla rolnictwa wynika między innymi z aktualnego stanu zaspokojenia potrzeb w tym zakresie. Ogólnie w rolnictwie zatrudnionych jest około 5,2 mln osób, tzn. około 25% ogółu zawodowo czynnych w gospodarce narodowej. Jednocześnie rolnictwo charakteryzuje się najniższym wskaźnikiem nasycenia kadry o wymaganych kwalifikacjach. W tabeli 2 przedstawiono udziały procentowe pracowników o określonym wykształceniu, zatrudnionych w rolnictwie oraz pozostałych działach gospodarki narodowej.

Tabela 2

Struktura zatrudnienia pracowników o określonym wykształceniu w rolnictwie oraz pozostałych działach gospodarki narodowej [8]

| Lp | Poziom wykształcenia | Zatrudnienie / % / | |
|----|----------------------|--------------------|-----------------|
| | | w rolnictwie | poza rolnictwem |
| 1 | Niepełne podstawowe | 40,1 | 6,0 |
| 2 | Podstawowe | 50,0 | 30,0 |
| 3 | Zasadnicze zawodowe | 6,0 | 24,0 |
| 4 | Średnie | 3,4 | 26,0 |
| 5 | Wyższe | 0,5 | 5,0 |

Z zamieszczonych danych wynika, jak znaczne dysproporcje w zakresie zatrudnienia kwalifikowanej kadry występują pomiędzy rolnictwem a pozostałymi działami gospodarki narodowej. Tylko 10% osób zatrudnionych w rolnictwie posiada wykształcenie ponadpodstawowe, gdy tymczasem poza rolnictwem - 56%. Dysproporcje te występują tym ostrzej, gdy uwzględnimy fakt, że rolnictwo wraz z przemysłem rolno-spożywczym wytwarza około 1/4 dochodu narodowego, a wyniki uzyskiwane w tych działach gospodarki w zasadniczym stopniu decydują i będą decydować o tempie rozwoju gospodarczego kraju i wzroście stopy życiowej ludności. Obecna sytuacja kadrowa w rolnictwie stoi też w wyraźnej sprzeczności z potrzebami wprowadzenia do produkcji rolnej i zwierzęcej coraz to bardziej wydajnych, a więc zmechanizowanych i automatyzowanych procesów produkcyjnych.

Jak w świetle tych potrzeb kształtują się zadania oraz jak przebiega realizacja kształcenia wysoce kwalifikowanej kadry dla rolnictwa?

Według decyzji Prezydium Rządu nr 120/76 w latach 1976 + 90 zapotrzebowanie rolnictwa i gospodarki żywnościowej na specjalistów z wyższym wykształceniem określono na 220 + 250 tys. osób [6]. Jest to liczba ogromna i wydaje się dyskusyjna tak w świetle możliwości kształcenia jak i zatrudnienia i wykorzystania tej kadry.

Realizując wspomnianą decyzję Rządu, w latach 1976 + 80, dla potrzeb rolnictwa i gospodarki żywnościowej wykształcono na studiach dziennych i zaocznych 37 550 absolwentów, w tym na kierunkach rolniczych 36 000 absolwentów, a na kierunkach technicznych i ekonomicznych 1 550 specjalistów, głównie z zakresu budowy i eksploatacji maszyn rolniczych i przemysłu spożywczego, chemii i technologii spożywczej oraz ekonomiki i organizacji rolnictwa i przemysłu spożywczego [6]. Informacja ta budzi pewne obawy co do struktury kształconej dla rolnictwa kadry. Czy przedstawione proporcje są właściwe, czy rzeczywiście w rolnictwie i gospodarce żywnościowej takie są potrzeby, aby na 100 specjalistów z zakresu produkcji roślinnej i zwierzęcej zatrudniać tylko 4 specjalistów z zakresu techniki rolniczej oraz ekonomii i organizacji procesów produkcyjnych w rolnictwie? Nie ulega wątpliwości, że o obliczu polskiego rolnictwa oraz przemysłu spożywczego, o efektywności gospodarowania coraz większymi zasobami środków technicznych w tych działach gospodarki decydować będą obok specjalistów kierunków rolniczych, w coraz to większym stopniu specjaliści kierunków technicznych i ekonomicznych.

Jakie są zatem potrzeby na eksploatatorów pojazdów, maszyn i urządzeń rolniczych? W opracowaniu [1] szacuje się, że rolnictwu brakuje obecnie około 4 000 inżynierów, 6 000 techników oraz około 50 000 operatorów sprzętu. Podobnie, choć nieco mniejsze zapotrzebowanie na kwalifikowaną kadrę eksploatatorów sprzętu rolniczego określono w opracowaniu [2]. Według rozważań autora zapotrzebowanie na inżynierów, eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych dla województw: bydgoskiego, toruńskiego, włocławskiego, pilskiego, słupskiego, gdańskiego i elbląskiego w latach 1976 + 1990 wynosi około 2 000 absolwentów /tab.3/.

Tabela 3

Szacunkowe zapotrzebowanie na eksploatatorów
pojazdów i maszyn rolniczych [4]

| Lp | Nazwa jednostki | Przewidywane zapotrzebowanie w latach | | | Razem 1976-1990 |
|----|--|---------------------------------------|------------|------------|--------------------|
| | | 76-80 | 81-85 | 86-90 | |
| 1 | Przedsiębiorstwa rolne, kółka rolnicze, spółdzielnie produkcyjne, zakłady zaplecza techniczno-rolniczego | 246 | 270 | 274 | 790 |
| 2 | Inne jednostki rolne oraz obsługi rolnictwa | 20 | 25 | 25 | 70 |
| 3 | Administracja państwowa | 40 | 60 | 100 | 200 |
| 4 | Szkolnictwo | 35 | 40 | 45 | 120 |
| 5 | Województwa ościenne | 270 | 310 | 340 | 920 |
| | Ł a c z n i e | 611 | 705 | 784 | 2100 |

Na podstawie przytoczonych informacji, a także w oparciu o inne źródła literaturowe, wysunąć można wniosek, że w najbliższych latach winno być kształconych w kraju corocznie około 700 inżynierów, specjalistów z zakresu eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych.

3. Profil kształcenia

Przyjmując za podaną w opracowaniu [1] definicję zawodu eksploatatora ciągników i maszyn rolniczych jako osoby "posiadającej wykształcenie wyższe, średnie lub zasadnicze i zatrudnionej bezpośrednio lub pośrednio w jednym z siedmiu podsystemów eksploatacji", a także uwzględniając znaczny aktualnie niedobór tych specjalistów stwierdzić należy, że obecny profil kształcenia inżynierów eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych winien być szeroki, kosztem ograniczenia nadmiernej szczegółowości w nauczaniu /przygotowania specjalistycznego/. Za sprawę niezwykle ważną i pilną uważać należy opracowanie, a następnie wdrożenie kompleksowego systemu kształcenia eksploatatorów sprzętu rolniczego na poziomach - zasadniczym, średnim i wyższym, z jednoczesnym uwzględnieniem potrzeb w zakresie doskonalenia tej kadry.

W niniejszym artykule przedstawiono jedynie problemy przygotowania eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych, kształconych na poziomie wyższym, na kierunku studiów "Mechanizacja Rolnictwa".

Dla skonkretyzowania odpowiedzi co do wymaganego profilu kształcenia tych specjalistów, należy się zastanowić nad przyszłym miejscem pracy absolwentów omawianego kierunku studiów, a także określić zadania, jakie przyjdzie im wykonywać oraz wymagane do ich realizowania kwalifikacje.

Absolwenci omawianego kierunku studiów winni być przygotowani do podjęcia pracy w różnych zakładach, jak: przedsiębiorstwach rolnych, zakładach zaplecza technicznego rolnictwa, w zakładach oceny sprzętu rolniczego, służbie rolnej, biurach technologiczno-konstrukcyjnych zaplecza technicznego rolnictwa, przedsiębiorstwach zaopatrzenia materiałowego rolnictwa, zakładach doświadczalnych, a także w zasadniczym, średnim i wyższym szkolnictwie zawodowym.

Z analizy powyższych rozwiązań wyłania się wymagana sylwetka specjalisty z zakresu eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych. Absolwent omawianej specjalności winien być przede wszystkim przygotowany do opracowywania i organizowania optymalnych eksploatacyjnych układów działania w obszarach mechanizowania produkcji rolniczej i zwierzęcej. Jak wykazują dotychczasowe dane [2] zdecydowana większość zatrudnionych w rolnictwie eksploatatorów /około 98%/ pracuje w podsystemach użytkowania i odnowy pojazdów, maszyn i urządzeń rolniczych.

W zakresie użytkowania pojazdów i maszyn rolniczych, inżynier eksploatator winien umieć spojrzeć na ten proces systemowo, w całej jego złożoności. Powinien być przygotowany do opracowywania optymalnych rozwiązań procesów technologicznych dotyczących zmechanizowanej produkcji roślinnej i zwierzęcej. Winien także umieć rozwiązywać zagadnienia w zakresie optymalizowania prac transportowych, mechanizowania i automatyzowania prac podwórzowych i magazynowych, obróbki ziarna, suszarnictwa płodów rolnych itp.

W zakresie szeroko rozumianej obsługi technicznej pojazdów i maszyn rolniczych inżynier eksploatator winien być przede wszystkim przygotowany do działalności w zakresie zapobiegania uszkodzeniom oraz do zapewnienia pojazdom i maszynom stanu gotowości technicznej. W tym celu winien on bardzo dobrze poznać:

- fizykochemiczne procesy uszkodzeń obiektów technicznych,
- teorię i technikę niezawodności ze szczególnym zwróceniem uwagi na zagadnienia oceny i podwyższania niezawodności obiektów na etapie eksploatacji,
- problematykę z zakresu diagnozowania stanu pojazdów i maszyn,
- zasady profilaktyki technicznej /przeglądy, konserwacja, przechowywanie maszyn, naprawy profilaktyczne/,
- metody regeneracji elementów maszyn,
- podstawowe metody planowania i organizacji napraw pojazdów i maszyn,
- zasady organizacji zaplecza technicznego rolnictwa.

W systemie zaopatrywania i gospodarki materiałowej, absolwent specjalności "Eksploatacja pojazdów i maszyn rolniczych" winien być przygotowany do planowania i organizowania zasilania systemów użytkowania i od-

nowy w materiały eksploatacyjne /paliwa, smary, elementy zamienne itp./, a także informację. Szczególną uwagę należy zwrócić na zagadnienie zbierania, przetwarzania i wykorzystywania informacji eksploatacyjnej /systemy informatyczne/ dla potrzeb optymalizowania procesów użytkowania, odnowy i zasilania.

W świetle powyższych postulatów stwierdzić należy, że absolwent omawianej specjalności winien posiadać gruntowne wykształcenie techniczne w zakresie budowy pojazdów, maszyn rolniczych oraz zasad ich racjonalnego użytkowania i obsługi, przy jednoczesnej znajomości podstawowych zagadnień z zakresu produkcji roślinnej i zwierzęcej. W programie studiów omawianej specjalności winny być także prowadzone zajęcia z zakresu budownictwa rolniczego /szczególnie inwentarskiego/, energetyzacji rolnictwa, gospodarki wodno-ściekowej i ochrony środowiska naturalnego.

4. Analiza porównawcza wybranych programów kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych

Szkolenie omawianych specjalistów prowadzone jest tak w uczelniach technicznych jak i rolniczych na kierunkach studiów: "Mechanizacja Rolnictwa", "Technika Rolnicza" i "Mechanika". Celem zorientowania się w aktualnych tendencjach w zakresie kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych dokonano porównania planów i programów nauczania realizowanych w kilku uczelniach krajowych i zagranicznych /tab.4/.

Okres studiów w rozpatrywanych uczelniach trwa od VIII do X semestrów. Daje się jednak zauważyć tendencję do wydłużania studiów do X semestrów. Tak dzieje się np. w Bułgarii, gdzie prowadzone są przygotowania do wprowadzenia studiów 5-letnich, a także i u nas postuluje się coraz częściej potrzebę wydłużenia okresu studiów.

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 4 znaczne rozbieżności występują w ogólnej liczbie godzin zajęć dydaktycznych, jak również w tygodniowym obciążeniu studenta obowiązkowymi zajęciami. Ogólna liczba przedmiotów objętych programami studiów waha się w granicach od 29 do 42.

Dla lepszego porównania struktury przedmiotowej programów, wykładowane przedmioty pogrupowano w 5-ciu blokach, a następnie wyliczono procentowe udziały godzin poszczególnych bloków w stosunku do ogólnej liczby zajęć dydaktycznych. Porównując uzyskane dane zauważa się, że najmniejsze różnice ilościowe występują w blokach przedmiotów podstawowych oraz ogólnych /poza Akademią Rolniczą w Nitrze, która preferuje nieco odmienny od pozostałych uczelni styl kształcenia/.

Porównując pozostałe bloki przedmiotowe można zauważyć istotne rozbieżności w podziale godzin zajęć. Większość uczelni duże znaczenie przywiązuje do dobrego opanowania przez studentów podstawowych przedmiotów technicznych, stanowiących fundament wiedzy przyszłego inżyniera-eksploatatora pojazdów i maszyn rolniczych.



Tabela 4

Struktura planów studiów dla wybranych uczelni

| Grupa przedmiotów | Udział bloków przedmiotowych w ogólnej liczbie godzin zajęć /% | | | | | Czas trwania studiów /semestry/ | Ogólna liczba godzin | Średnie obciążenie tygodniowe /tydz. | Uwagi |
|---|--|-----------------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------|
| | ogólne i społeczno-polityczne | podstawowe techniczne | podstawowe rolnicze | specjalistyczne | specjalistyczne | | | | |
| Uczelnia Kierunek studiów | | | | | | | | | |
| Akademie Rolnicze | 23,5 | 19,2 | 9,5 | 30,3 | IX | 4092 | 32 | w tym jeden semestr praktyki | |
| Kierunek: Mechanizacja Rolnictwa Politechniki | | | | | | | | | |
| Kierunek: Mechanika | 24,2 | 33,5 | 0,8 | 25,3 | IX | 4138 | 33 | | |
| Specjalność: Maszyny i Urządzenia Rolnicze | | | | | | | | | |
| Akademia Techniczno-Rolnicza Bydgoszcz | 16,7 | 29,8 | 4,7 | 33,5 | X | 4125 | 30 | bez praktyki semestralnej | |
| Kierunek: Mechanizacja Rolnictwa Specjalność: Eksploatacja Maszyn i Pojazdów Rolniczych | | | | | | | | | |
| Wyższa Szkoła Rolnicza Nitra CSSR | 13,4 | 19,1 | 5,7 | 44,6 | X | 5304 | 33 | bez szkolenia wojskowego | |
| Kierunek: Mechanizacja Rolnictwa | | | | | | | | | |
| Instytut Budowy Maszyn, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa Ruse Bułgaria | 19,8 | 30,0 | 2,1 | 32,9 | VIII | 4540 | 35 | planowane X semestrów | |
| Kierunek: Mechanizacja Rolnictwa | | | | | | | | | |
| Uniwersytet im. Wilhelma Piecka Rostock NRD | 25,1 | 31,8 | 2,6 | 26,0 | IX | 3776 | 29 | w tym jeden semestr praktyki | |
| Kierunek: Technika Rolnicza | | | | | | | | | |
| średnio | 22,0 | 26,7 | 4,1 | 31,4 | - | 4362 | 32 | | |

Zakres przedmiotów z produkcji roślinnej i zwierzęcej /poza Akademiami Rolniczymi/ sprowadzony jest natomiast do przekazania studentom podstawowych wiadomości, niezbędnych dla racjonalnego wykorzystania i użytkowania maszyn i urządzeń rolniczych.

W bloku przedmiotów specjalistycznych poza "klasycznymi" przedmiotami z zakresu budowy, użytkowania i naprawy pojazdów i maszyn rolniczych prowadzone są także takie przedmioty jak: podstawy budownictwa rolniczego, zasady ergonomii, ochrona środowiska, podstawy pedagogiki i inne.

5. Uwagi i propozycje w zakresie kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych

Niezbędnemu szybkiemu wzrostowi dostaw ciągników i maszyn rolniczych, dalszemu mechanizowaniu, a także automatyzowaniu procesów produkcyjnych w rolnictwie, towarzyszyć musi również szybki wzrost umiejętności człowieka do racjonalnego wykorzystania i optymalnego eksploataowania powierzonych mu coraz to bardziej złożonych obiektów technicznych. Od tych umiejętności zależy będzie efektywność gospodarowania ogromnym parkiem pojazdów i maszyn rolniczych.

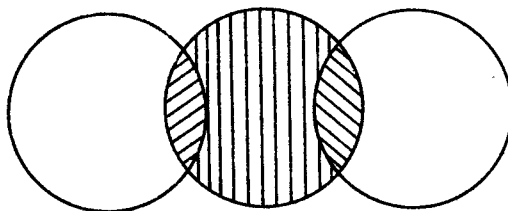
Do tworzenia optymalnych systemów eksploatacyjnych w rolnictwie niezbędna jest wysoko kwalifikowana kadra eksploatatorów, która winna być kształcona w oparciu o odpowiadające aktualnym potrzebom plany i programy studiów.

W systemie eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych występują zarówno elementy biologiczne /ludzie, zwierzęta, rośliny/, jak i techniczne. Mamy zatem do czynienia z systemami biologiczno-technicznymi. Wypływa stąd wniosek, że programy kształcenia eksploatatorów techniki rolniczej winny obejmować obszary wiedzy ogólnej /podstawowej/, technicznej i biologicznej.

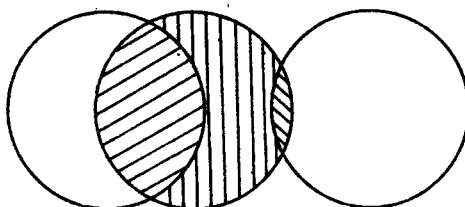
Absolwent omawianej specjalności winien wypełniać pustkę, która występuje pomiędzy specjalistą rolnikiem oraz mechanikiem zajmującym się budową i eksploatacją maszyn rolniczych. Graficzny model omawianej specjalności zilustrowano na rys.1.

Przy kształtowaniu programów studiów dla tak pomyślanej specjalności niezbędne jest podejście systemowe, uwzględniające współzależność systemów: kształcenia i działania. Zasadniczą trudnością występującą przy opracowywaniu nowych planów studiów jest ograniczony /ściśle określony/ okres studiów. Tak więc wprowadzenie nowych przedmiotów eksploatacyjnych może się odbywać praktycznie jedynie kosztem zmniejszenia czasowego programów przedmiotów tradycyjnych. Działanie takie, często mechaniczne, przynieść może wiele szkody i to tak dla przedmiotów "pomniejszych" jak i nowo tworzonych. Uwzględniając wagę problemu i odpowiedzialność wynikającą z eksperymentowania planami studiów i programami nauczania, słuszne wydaje się przyjęcie drogi ewolucyjnych zmian programów nauczania.

KIERUNEK ROLNICZY

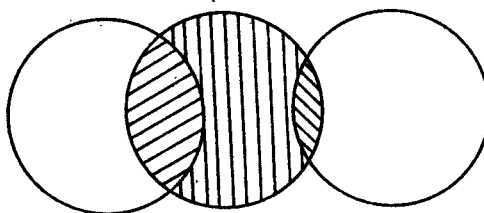


KIERUNEK TECHNICZNY



KIERUNEK MECHANIZACJA ROLNICTWA

Specjalność: Eksploatacja maszyn i pojazdów rolniczych



Rys.1. Ogólne struktury planów studiów

Wychodząc z powyższego założenia opracowano projekt programu studiów dla specjalności "Eksploatacja maszyn i pojazdów rolniczych" /tab.5/, którym zamierzamy zastąpić dotychczas stosowany program, obowiązujący dla kierunku i specjalności "Mechanizacja rolnictwa".

Projekt nowego planu opracowano na podstawie analizy ramowych planów studiów dla kierunku "Mechanizacja rolnictwa" lub zbliżonych, prowadzonych przez szereg uczelni krajowych i zagranicznych. Wykorzystano ponadto doświadczenie własne, uzyskane w toku wieloletniego kształcenia omawianych specjalistów, a także opinie wyrażane przez pracowników innych uczelni, instytutów naukowych oraz pracowników zakładów rolnych i zaplecza technicznego rolnictwa.

W dużym stopniu wykorzystane zostały uwagi i zalecenia Ministerstwa Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki odnośnie modernizacji toku studiów /pismo z dnia 8.04.1980 r./. Koncepcję wprowadzenia przedmiotów fakultatywnych zaczerpnięto z planu studiów dla kierunku "Mechanizacja rolnictwa", który obowiązuje w Akademii Rolniczej w Lublinie.

Opracowany w ten sposób plan studiów obejmuje następujące bloki tematyczne:

- przedmioty ogólne i społeczno-polityczne /16,72% ogólnej liczby godzin/,
- blok przedmiotów podstawowych /15,27%/,
- przedmioty podstawowe - techniczne /29,81%/,
- blok przedmiotów rolniczych /4,72%/,
- blok przedmiotów specjalistycznych /33,48%/.

Omawiany plan w porównaniu z aktualnie realizowanym cechuje:

- zwiększenie liczby godzin z przedmiotów: matematyka i fizyka oraz podstawowych przedmiotów technicznych: mechanika techniczna, części maszyn, materiałoznawstwo, technologia budowy maszyn,
- zmniejszenie liczby godzin bloku przedmiotów rolniczych,
- zwiększenie liczby godzin podstawowych przedmiotów eksploatacyjnych,
- wprowadzenie przedmiotów fakultatywnych, które umożliwią studentom samodzielne kształtowanie swojej specjalizacji zawodowej,
- inny układ praktyk obejmujący cztero- i sześciotygodniowe praktyki wakacyjne oraz trzymiesięczną praktykę dyplomową po VIII semestrze studiów.

W opracowanym programie starano się także o zachowanie wymaganego następstwa przedmiotów oraz wykładów i ćwiczeń, a także zachowanie stosunku liczby godzin wykładowych do ćwiczeniowych i projektowych, jak 1:2.

Podstawowa wiedza eksploatacyjna przekazywana będzie przede wszystkim w przedmiotach z zakresu eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych /384 godziny/ oraz na wybranych przedmiotach fakultatywnych. Ponadto przyjęto, że w toku studiów, w ramach przedmiotów z zakresu budowy i działania pojazdów i maszyn rolniczych przekazywana wiedza winna umożliwić studentom poznanie i zrozumienie rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych tych obiektów głównie z pozycji ich wpływu na określone cechy i właściwości eksploata-

Proponowany plan 5-letnich studiów, kierunek-Mechanizacja Rolnictwa,
specjalność-Eksploatacja Maszyn i Pojazdów Rolniczych

| Lp | Przedmioty | Semestry | | | | | | | | | | Łącznie godzin | |
|---------------------------------------|--|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----------------|-------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | | |
| | | 15t | 15t | 15t | 15t | 15t | 15t | 15t | 15t | 12t | 15t | | |
| A - Ogólno-społeczne | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Języki obce | 4 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | 300 |
| 2 | Wychowanie fizyczne | (2) | (2) | (2) | (2) | (2) | (2) | (2) | | | | | (240) |
| 3 | Nauki filozoficzno-humanistyczne | 2 | 2 | | | | | | | | | | 60 |
| 4 | Nauki społeczno-polityczne | | | 2 | 2 | | | | | | | | 60 |
| 5 | Nauki ekonomiczne | | | | | 2 | 2 | | | | | | 60 |
| 6 | Ergonomia i ochrona pracy | | | | | | | | | | | 4 | 60 |
| 7 | Szkolenie obronne | | | | | | | | 5 | 5E | | | 135 |
| B - Podstawowe teoretyczne | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Matematyka | 6E | 6E | 6E | | | | | | | | | 270 |
| 2 | Fizyka | 4 | 5E | | | | | | | | | | 135 |
| 3 | Chemia stosowana | 6E | | | | | | | | | | | 90 |
| 4 | ETO | | | | | 3 | 2 | | | | | | 75 |
| C - Podstawowe techniczne | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Geometria wykreślna i rysunek techniczny | 4 | 3E | | | | | | | | | | 105 |
| 2 | Materiałoznawstwo i obróbka cieplna | 4E | | | | | | | | | | | 60 |
| 3 | Metrologia | | 3 | | | | | | | | | | 45 |
| 4 | Technologia i obróbka materiałów | 4 | 4 | 6E | | | | | | | | | 150 |
| 5 | Mechanika techniczna i wytrzymałość materiałów | | 4 | 6 | 4E | | | | | | | | 210 |
| 6 | Termodynamika | | | 5E | | | | | | | | | 75 |
| 7 | Mechanika płynów | | | | 4E | | | | | | | | 60 |
| 8 | Elektrotechnika i elektronika | | | | 6 | 5E | | | | | | | 165 |
| 9 | Podstawy automatyki i pneumatyki | | | | | 5E | 2 | | | | | | 105 |
| 10 | Części maszyn | | | | 5 | 5E | | | | | | | 150 |
| 11 | Teoria maszyn i mechanizmów | | | | | | 4E | | | | | | 60 |
| D - Kierunkowe | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Biologiczne podstawy rolnictwa | | | 3 | 6E | | | | | | | | 135 |
| 2 | Agrofizyka | | | | | 3 | | | | | | | 45 |
| 3 | Maszyny rolnicze | | | | | 4 | 6E | 5E | 3 | | | | 270 |
| 4 | Produkcja zwierzęca | | | | | | 4E | | | | | | 60 |
| 5 | Pojazdy rolnicze | | | | 4E | 5 | | | | | | | 225 |
| 6 | Ekonomia eksploatacji maszyn | | | | | | | 6E | | | | | 90 |
| 7 | Mechanizacja produkcji zwierzęcej | | | | | | | 6E | | | | | 90 |
| 8 | Podstawy eksploatacji maszyn | | | | | | | 4 | 5E | 22 | | | 159 |
| 9 | Eksploatacja maszyn i pojazdów rolniczych | | | | | | | 4 | | | | | 60 |
| 10 | Technologia odnowy maszyn | | | | | | | | 6E | 6E | | | 162 |
| 11 | Podstawy budownictwa rolniczego i ochrony środowiska | | | | | 1 | | | 2 | | | | 45 |
| E - Fakultatywne i seminaryjne | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Seminarium dyplomowe i metodyka badań naukowych | | | | | | | | 2 | | 4 | | 90 |
| 2 | Grupa przedmiotowa i fakultatywna | | | | | | | | | 12 | | | 144 |
| Godzin w tygodniu | | 30 | 31 | 30 | 29 | 31 | 28 | 29 | 31 | 31 | 8 | | 4077 |
| Egzaminów w semestrze | | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | - | | |

cyjne omawianych maszyn.

Efekt ten powinien być uzyskany przez odpowiedni dobór tematów oraz przede wszystkim przez taką interpretację przekazywanej wiedzy, która wyrobi u studentów umiejętność analizowania rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych maszyn i urządzeń rolniczych, z punktu widzenia ich przydatności dla określonych zadań eksploatacyjnych. Takie podejście pozwoli na ukształtowanie u słuchaczy określonych nawyków oraz sposobu myślenia, które określamy mianem "myślenia eksploatacyjnego".

6. Uwagi końcowe

W artykule zasygnalizowane zostały niektóre problemy dotyczące kształcenia eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych oraz przedstawiona została koncepcja planu studiów dla tej specjalności. Proces kształtowania planów i programów studiów winien być procesem dynamicznym i permanentnym, uwzględniającym aktualne potrzeby i zadania stawiane przez system eksploatacji pojazdów i maszyn rolniczych. Ze względu na obszerny zakres wiedzy, którą winni opanować absolwenci omawianej specjalności uważa się za niezbędne przedłużenie okresu studiów do X semestrów.

Dla podniesienia efektywności nauczania proponuje się, aby niezależnie od unowocześniania i aktualizowania programów studiów stosować także i inne rozwiązania, jak:

- pełniej niż dotychczas wykorzystać w procesie nauczania praktyki wakacyjne, co wiąże się z ich lepszą organizacją, którą osiągnąć można m.in. przez powołanie zakładowych opiekunów praktyk, przydzielanie studentom odbywającym praktykę określonych zadań produkcyjnych, komisyjne zaliczanie praktyki, itp.,
- poprawić stan wyposażenia laboratoriów w nowoczesne maszyny i urządzenia stosowane w produkcji roślinnej i zwierzęcej,
- w większym niż dotychczas stopniu wykorzystywać nowoczesne techniki nauczania /telewizja przemysłowa, magnetowidy, filmy naukowe itp./,

Dopiero takie kompleksowe i systemowe działanie powinno przynieść efekty w postaci przygotowania wysoko kwalifikowanej kadry eksploatatorów pojazdów i maszyn rolniczych, którzy potrafią rozwiązywać coraz trudniejsze zadania stawiane przez rozwijającą się technikę rolniczą.

Za dalszy krok w kształceniu kadry eksploatatorów maszyn i pojazdów oraz urządzeń technicznych uznać należy potrzebę uruchomienia nowego kierunku studiów lub studiów podyplomowych w zakresie "Eksploatacji maszyn". Plany studiów tego kierunku winny uwzględniać m.in. takie zagadnienia jak:

- podstawy teorii eksploatacji,
- teorię i technikę niezawodności maszyn,
- podstawy teorii systemów,
- teorię masowej obsługi,
- podstawy diagnostyki technicznej i inne.

Wydaje się, że aktualna potrzeba pokonywania "bariery eksploatacyjnej", a z drugiej strony znaczne osiągnięcia polskiej szkoły eksploatacyjnej przemawiają za pilnym uruchomieniem wspomnianego kierunku studiów.

Literatura

- [1] Fąfara R., Zaremba W.: Na kombajn z dyplomem. Życie Gospodarcze nr 4/1480/80
- [2] Grudnik P.: Projekt zapotrzebowania eksplloatatorów ciągników i maszyn rolniczych. IBMiER Warszawa 1979 /symbol dok. XI/409/
- [3] Haman J.: Rolnictwo nie jest partnerem. Polityka nr 44/1235/80
- [4] Jazdon A., Jedliński R., Wośko Z.: Problemy i potrzeby kształcenia mechanizatorów rolnictwa. Materiały Sympozjum pt. "Naukowe problemy konstrukcji, technologii i eksploatacji maszyn". ATR, Bydgoszcz 1977
- [5] Kijowska W.: System przygotowania kadr eksplloatatorów ciągników i maszyn rolniczych. Materiały IV Krajowego Sympozjum Eksploatacji Urządzeń Technicznych. Tom 2. Katowice 1977
- [6] Kurowski H.: Kształcenie kadr dla potrzeb gospodarki żywnościowej. Materiały konferencji nt. "Kadry kwalifikowane dla gospodarki żywnościowej - potrzeby a możliwości kształcenia. NOT, Łódź 1980
- [7] Mały rocznik statystyczny. GUS, Warszawa 1980
- [8] Salwa J.: Kształcenie kadr dla potrzeb rolnictwa i gospodarki żywnościowej. Materiały konferencji nt. "Kadry kwalifikowane dla gospodarki żywnościowej - potrzeby a możliwości kształcenia. NOT, Łódź 1980
- [9] Zaremba W.: Rozwój systemu eksploatacji urządzeń technicznych w rolnictwie. Materiały I krajowej konferencji nt. "Problemy eksploatacji urządzeń technicznych w przemyśle rolnym i rolno-spożywczym. Akademia Rolniczo-Techniczna oraz OW NOT, Olsztyn 1981

PROBLEMS OF TRAINING USERS OF AGRICULTURAL VEHICLES AND MACHINES

Summary

The paper includes a presentation of the need for training users of agricultural vehicles and machines. There has been suggested a training programme of specialists.

ПРОБЛЕМА ОБУЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННИКОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СЕЛЬСКОХО
ЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Резюме

В статье представлена необходимость обучения эксплуатационников транспорт
ных средств и сельскохозяйственных машин, предложен профиль обучения
этих специалистов, а также соответствующая этому программа.

Ryszard Jedliński

PRÓBA SYSTEMOWEGO WJĘCIA PROBLEMATYKI OCENY I BADAŃ ODNAWIALNOŚCI URZĄDZEŃ TECHNICZNYCH

W artykule poruszono problematykę oceny i badań odnawialności urządzeń technicznych. Dokonano analizy czynników wpływających na jej poziom oraz oceniono możliwość kształtowania na etapie projektowania, wytwarzania i eksploatacji. Zaproponowano zestaw wskaźników i kryteriów oceny odnawialności urządzeń technicznych.

1. Wstęp

Ważnym wykładnikiem jakości i niezawodności urządzeń technicznych jest wysokość nakładów związanych z ich obsługiwaniem i naprawami. Jak wynika z danych literaturowych [3, 4, 6] przekraczają one 5 - 10 razy nakłady związane z wytwarzaniem. W podobnej proporcji kształtuje się również ilość zatrudnionych w sferze wytwarzania oraz obsługiwania i napraw. Następstwem przestoju spowodowanych uszkodzeniami są również straty wynikające z nieczynności urządzeń ponoszone przez jednostki eksploatacyjne, jak również usługobiorców. Dotyczy to szczególnie urządzeń wykorzystywanych głównie w ściśle określonych terminach, np. agrotechnicznych /maszyny rolnicze, melioracyjne itp./.

Podstawą przyczyną przestoju i związanych z nimi kosztów są między innymi:

- a/ mała niezawodność i trwałość zespołów i elementów urządzeń technicznych,
- b/ niewłaściwe rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne, czego następstwem jest nieprzystosowanie urządzeń technicznych do wykonywania obsługi technicznych i napraw.

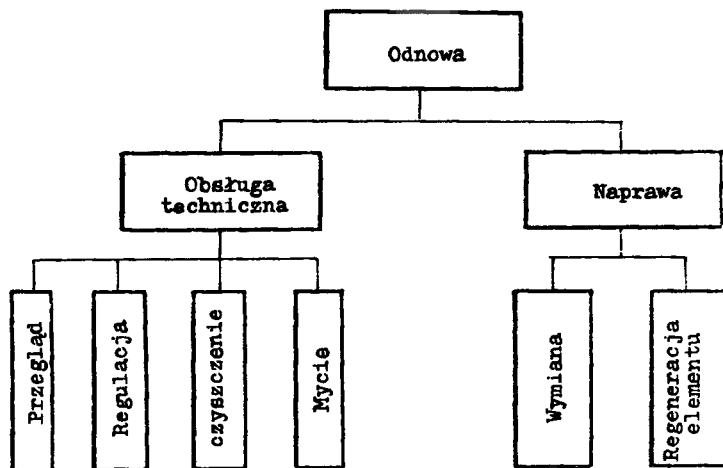
W artykule przedstawiono wybrane problemy związane z kształtowaniem odnawialności urządzeń technicznych oraz jej oceną na poszczególnych etapach istnienia /przedeksploatacyjnym i eksploatacyjnym/.

2. Ogólne zagadnienia teorii i praktyki odnawialności urządzeń technicznych

Podsystem odnawiania stanowi ważny element systemu eksploatacji. Dokonuje się w nim proces mający na celu utrzymanie urządzeń w stanie goto-

wości eksploatacyjnej.

Odnawianie zależnie od czasokresu eksploatacji oraz wymaganego zakresu odbywać się może różnymi sposobami /rys.1/.

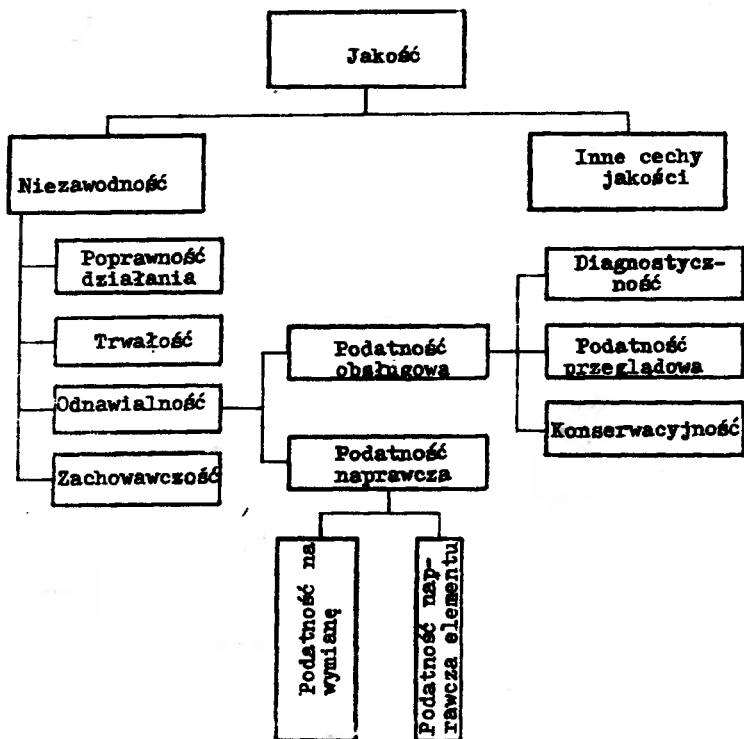


Rys.1. Sposoby odnowy urządzeń technicznych oraz ich zespołów i elementów

Na podstawie studiów literaturowych oraz dociekań własnych [3, 5] przyjęto za podstawę do dalszych rozważań następującą definicję pojęcia **o d n a w i a l n o ś ć** - jest to własność charakteryzująca jego przystosowanie do wykonywania czynności w zakresie zapobiegania, wykrywania i usuwania uszkodzeń elementów i zespołów.

Należy podkreślić, że w ujęciu systemowym nie jest ona jedynie funkcją cech samego urządzenia lecz również warunków jego obsługi, wyposażenia obsługowo-naprawczego, przygotowania personelu oraz organizacji obsługi i zaopatrzenia. Omówione czynniki są więc jednym z ogniw kształtowania szeroko pojętej jakości urządzeń technicznych i związane są nierozłącznie z takimi jej cechami jak trwałość, czy poprawność działania. Na rys.2 przedstawiono problematykę odnawialności urządzeń oraz wzajemne relacje pomiędzy niektórymi cechami jakości.

Wymagane własności urządzeń technicznym w tym również odnawialność zakłada się przy opracowywaniu ich konstrukcji, zabezpiecza w procesie wytwarzania i podtrzymuje w procesie eksploatacji. W związku z tym właściwe rozwiązanie tego problemu może być osiągnięte jedynie wtedy, gdy zostanie on potraktowany systemowo i jego analiza obejmie wszystkie etapy istnienia urządzenia.



Rys.2. Odnawialność urządzeń technicznych jako element oceny ich jakości

3. Wskaźniki i kryteria oceny odnawialności

Przyjmując za podstawę założenie, że odnawialność jest funkcją czynników o charakterze konstrukcyjnym, produkcyjnym i eksploatacyjnym można przyjąć następujący uproszczony model jej oceny oraz prognozowania:

$$K_o = f / K, T, P, Z /$$

gdzie:

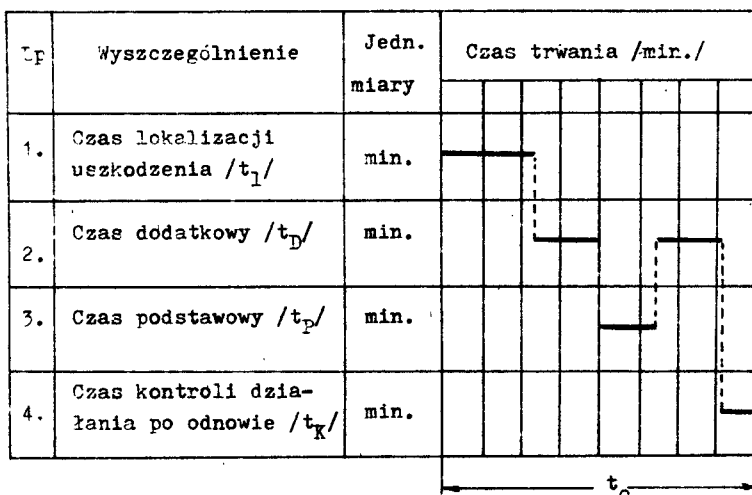
- K_o - wskaźnik oceny odnawialności
- K - charakterystyka rozwiązań konstrukcyjnych
- T - charakterystyka rozwiązań technologicznych
- P - kwalifikacje personelu obsługowo-naprawczego
- Z - zaplecze techniczne /warsztaty, wyposażenie, części zamienne/

Podstawowym kryterium oceny rozwiązań konstrukcyjnych jest łatwość demontażu i montażu, dostęp do miejsc kontroli i obsługi, stabilność regulacji, modułowość konstrukcji. Jak wykazała praktyka badań w tym zakresie

[3] wydaje się, że najbardziej obiektywną formą oceny tej cechy jest analiza struktury czasu odnowy uszkodzonego elementu lub zespołu /wymiana elementu, regulacja/.

Wyróżnić można w nim następujące składowe /rys.3/:

- czas lokalizacji $/t_l/$,
- czas dodatkowy wymagany dla dotarcia do uszkodzonego elementu lub zespołu $/t_d/$,
- czas podstawowy odnowy $/t_p/$,
- czas kontroli po dokonaniu odnowy $/t_k/$.



Rys.3. Struktura jednostkowego czasu odnowy

Na podstawie uwzględnienia proporcji pomiędzy wymienionymi wyżej składowymi można sformułować pewne wskaźniki oceny porównawczej.

Ocenę nowoczesności rozwiązań w aspekcie dostępności do miejsc obsługi można również prowadzić przy zastosowaniu teorii grafów [2]. Na rys.4 przedstawiono w formie przykładu konstrukcję podzespołu układu pneumatycznego samochodu oraz graf dostępu do pierścieni uszczelniających. Jak wynika z przeprowadzonej analizy w przypadku danej konstrukcji wymiana uszkodzonego elementu realizowana jest dopiero na trzecim etapie /poziomie/ prac.

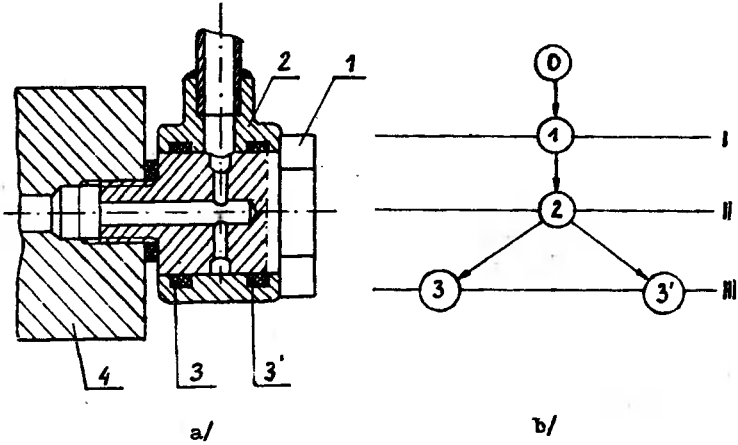
Dalszym rozwinięciem oceny może być analiza ilości elementów /podzespołów/ demontowanych na poszczególnych etapach prac /rys.5/.

Uwzględniając elementy teorii grafów funkcję dostępu do poszczególnych elementów można przedstawić w postaci [2]:

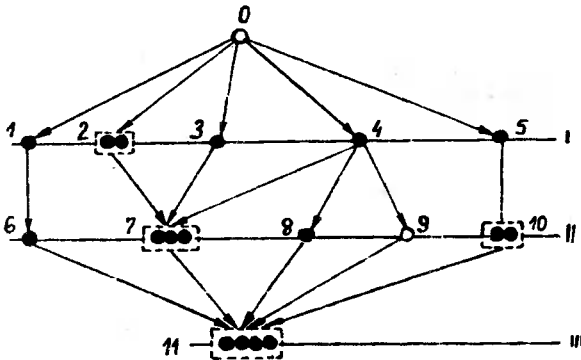
$$\Delta \varphi = \varphi_d / x_0 x_1 - \varphi_p / x_1$$

gdzie:

- $\varphi_d / x_0 x_1$ - sumaryczna charakterystyka odległości pomiędzy wierzchołkami grafu
- φ_μ / x_1 - sumaryczna charakterystyka ilości elementów związanych z wierzchołkiem grafu



Rys.4. Przykład rozwiązania konstrukcyjnego podzespołu samochodu /a/ oraz graf dostępu do pierścieni uszczelniających /b/



Rys.5. Przykładowa charakterystyka kolejności prac demontażowo-montażowych wykonanych na poszczególnych etapach oraz ilości wymontowywanych zespołów i elementów

Jak już podkreślano analiza i ocena odnawialności powinna uwzględniać kryteria i własności będące następstwem jakości rozwiązań technologicznych. Rozwiązania te oraz stopień ich dotrzymania w procesie wytwarzania

mają wpływ na:

- trwałość elementów oraz stabilność parametrów regulacyjnych,
- dopasowanie trwałości elementów w zespołach oraz dopasowanie wzajemne tych zespołów,
- koszt elementów i zespołów.

Analiza wzajemnych powiązań i związków korelacyjnych pomiędzy wymienionymi parametrami konstrukcji i technologii stanowiąc może najbardziej obiektywne i uniwersalne wskaźniki oceny urządzeń technicznych zarówno na etapie konstruowania jak i eksploatacji. Jedną z metod jest tutaj zastosowanie analizy regresji, w celu ustalenia zależności ilościowych pomiędzy parametrami. W charakterze prostego przykładu można przytoczyć model matematyczny zależności wskaźnika odnawialności, którym jest w tym przypadku czas odnowy samolotu bez silnika [6]:

$$t_0 = 9,4 + 0,265 \cdot m \left[\frac{\text{roboczogodzin}}{\text{godzin lotu}} \right]$$

gdzie:

$$t_0 - \text{czas odnowy} \left[\frac{\text{roboczogodzin}}{\text{godzin lotu}} \right]$$

m - masa samolotu bez silnika [tysiące kg]

Oczywiście przytoczony przykład ma głównie charakter ilustracyjny. W praktyce zależności te są o wiele bardziej złożone i w wielu wypadkach wybór typu modelu zależny jest od intuicji prowadzącego badania.

O ile pierwsze dwa z wymienionych elementów oceny odnawialności /K,T/ mają zasadniczy wpływ na kształtowanie /wbudowanie/ odnawialności na etapie projektowania i wytwarzania, to pozostałe /P, Z/ związane są przede wszystkim z etapem eksploatacji. Są one jednakże pochodną jakości prac prowadzonych na etapie projektowania /projektowanie eksploatacji/ oraz ich faktycznej realizacji.

W ocenie praktycznej tego zagadnienia należy zwrócić uwagę między innymi na:

- licznosc i przygotowanie personelu obsługowo-naprawczego,
- sieć i organizację stacji obsługi i napraw,
- stan wyposażenia w urządzenia obsługowo-naprawcze i łatwość ich nabycia,
- zaopatrzenie w elementy wymienne i ich jakość,
- zaopatrzenie w zakresie pozostałych materiałów eksploatacyjnych,
- jakość i dostępność instrukcji obsługi i użytkowania /obowiązkowo w języku rodzimym/.

4. Propozycja metody i organizacji badań odnawialności-urządzeń technicznych

Wyniki badań przeprowadzonych przez niektóre jednostki pozwoliły na sprecyzowanie konkretnych uwag i postulatów pod adresem projektantów i

wytwórców. Przykładem problematyki uwzględnionej w tych uwagach są dane [1], z których wynika, że w grupie 540 wniosków z zakresu podatności obsługowo-naprawczej sprzętu rolniczego można wyróżnić wnioski dotyczące:

- usprawnienia czynności smarowniczych - 142 ,
- poprawy zabezpieczeń antykorozyjnych - 82 ,
- zwiększenia trwałości elementów - 82 ,
- konieczności przestrzegania przez wytwórcę założonej technologii /obróbka cieplna, pasowania, montaż/ - 75 ,
- zmian konstrukcyjnych ułatwiających demontaż, montaż i wymianę elementów - 68 ,
- zwiększenia podatności naprawczej elementów - 49 ,
- przystosowania do badań diagnostycznych - 39 .

Przytoczone dane sugerują konieczność większego zwrócenia uwagi na etap projektowania i wytwarzania celem maksymalnego ograniczenia i ułatwienia obsługi i napraw. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie proponowanych kryteriów i wskaźników oceny odnawialności urządzeń technicznych obejmujące również etap eksploatacji.

Tabela 1

Proponowane kryteria i wskaźniki oceny odnawialności urządzeń technicznych

| Lp | Wyszczególnienie | Wskaźnik oceny technologiczności | Etap oceny |
|----|---|-------------------------------------|------------|
| 1 | Rzeczywista pracochłonność prac demontażowo-montażowych - T_d | $K_d = \frac{/T_d - T_{nt}/}{T_d}$ | K, W |
| 2 | Pracochłonność demontażu wszystkich połączeń śrubowych urządzenia - T_s . Średnia pracochłonność demontażu jednego połączenia śrubowego | $K_s = \frac{/T_s - T_{snt}/}{T_s}$ | K, W |
| 3 | Pracochłonność demontażu wszystkich połączeń wciskowych urządzenia - T_w | $K_w = \frac{/T_w - T_{wnt}/}{T_w}$ | K, W |
| 4 | Pracochłonność montażu wszystkich łożysk ślizgowych urządzenia - T_l | $K_l = \frac{/T_l - T_{lnt}/}{T_l}$ | K, W |
| 5 | Pracochłonność wymiany szybkozużywających się elementów urządzenia | - | K, W, E |
| 6 | Ilość połączeń wciskowych z niedostępnymi bazami demontażowymi - n_{wn} | $K_1 = 1 - \frac{n_{wn}}{n_w}$ | K, W |
| 7 | Ilość połączeń śrubowych narażonych na korozję, bez zabezpieczenia - n_{sk} | $K_2 = 1 - \frac{n_{sk}}{n_s}$ | K, W, E |

cd. tabeli 1

| Lp | Wyszczególnienie | Wskaźnik oceny technologiczności | Etap oceny |
|----|---|-------------------------------------|------------|
| 8 | Ilość par śrubowych śruba - nakrętka, demontaż których wymaga zastosowania dwóch narzędzi /dwa klucze ślusarskie, klucz ślusarski i śrubokręt/ - n_{psnt} | $K_3 = 1 - \frac{n_{psnt}}{n_{ps}}$ | K,W,E |
| 9 | Ilość różnych rozmiarów połączeń śrubowych stosowanych w urządzeniu - n_{sw} | $K_4 = 1 - \frac{n_{sw}}{n_s}$ | K,W,E |
| 10 | Ilość tulejek łożyskowych wymagających powciśnięciu dopasowania wewnętrznej powierzchni roboczej do elementu współpracującego - n_{td} | $K_5 = 1 - \frac{n_{td}}{n_t}$ | K,W |
| 11 | Ilość zespołów i podzespołów, których równoległy /jednoczesny/ demontaż i montaż nie jest zabezpieczony konstrukcyjnie - n_{zn} | - | K,W,E |
| 12 | Ilość zespołów i elementów zunifikowanych - n_{ez} | $K_6 = 1 - \frac{n_{ez}}{n_e}$ | K,W,E |
| 13 | Ilość i charakterystyka technologiczna połączeń /skojarzeń/ w przypadku których w procesie montażu wymagane jest kompletowanie wg grup selektywnych | - | K,W |
| 14 | Ilość i charakterystyka technologiczna elementów ustalonych na kołkach, w których nie występują bądź są niedostępne bazy demontażowe | - | K,W |
| 15 | Ilość elementów pomocniczych /pierścienie, zaślepki/ bez baz demontażowych | - | K,W |
| 16 | Ilość i charakterystyka technologiczna skojarzeń w procesie montażu których wymagana jest wspólna obróbka elementów /wiercenie, rozwiercanie itp./ | - | K,W |
| 17 | Ilość elementów śrubowych niedostępnych lub trudnodostępnych dla typowych kluczy | - | K,W,E |
| 18 | Ilość zespołów, podzespołów i dużych gabarytowo i wagowo części nieprzystosowanych konstrukcyjnie do podnoszenia oraz transportowania | - | K,W,E |
| 19 | Czy przewidziano możliwość naprawy urządzenia metodą wymiany zespołów | - | K,W,E |
| 20 | Czy zostały określone przez wytwórcę zużycia graniczne elementów | - | K,W |
| 21 | Możliwość regeneracji elementów zależnie od zapasu materiałów i wytrzymałości zmęczeniowej | - | W,E |
| 22 | Czy została opracowana szczegółowa technologia regeneracji elementów | - | W,E |

od. tabeli 1

| Lp | Wyszczególnienie | Wskaźnik oceny technologiczności | Etap oceny |
|----|---|-----------------------------------|------------|
| 23 | Rzeczywisty czas trwania obsługi codziennej urzędnika - t_{cc} | - | E |
| 24 | Wartość czasu przebywania urzędnika w stanie niezdolności - t_{nz} | - | E |
| 25 | Czas lokalizacji uszkodzonego elementu /zespołu/ - t_1 | - | E |
| 26 | Podstawowy czas odnowy /wymiany, regulacji, regeneracji/ elementu lub zespołu - t_p | - | K, E |
| 27 | Ogólny czas odnowy - t_o | - | E |
| 28 | Wskaźnik diagnostyczności urządzenia technicznego - K_1 | $K_1 = 1 - \frac{t_1}{t_o}$ | E |
| 29 | Wskaźnik technologiczności wymiany /naprawy/ uszkodzonego elementu /zespołu/ - K_N | $K_N = 1 - \frac{t_p}{t_o - t_1}$ | F |
| 30 | Jednostkowy koszt odnowy /elementu, zespołu, urzędnika/ - C_o | - | E |
| 31 | Średni przebieg do uszkodzenia /pomiędzy uszkodzeniami/ - L_e | - | E |
| 32 | Względny koszt odnowy elementu, zespołu, urzędnika - C_o^w | $C_o^w = \frac{C_o}{L_e}$ | E |
| 33 | Jakość instrukcji obsługi i użytkownika urządzenia | - | E |
| 34 | Jakość i dostępny asortyment urządzeń obsługowo-naprawczych | - | E |
| 35 | Stopień pokrycia potrzeb w zakresie zaopatrzenia w elementy wymienne | - | E |
| 36 | Wymagany asortyment i możliwość nabycia materiałów smarowych | - | E |
| 37 | Przystosowanie ergonomiczne urządzenia do wykonywania odnowy | $K_e = \frac{t_o'}{t_o}$ | K, E |
| 38 | Sieć i poziom techniczny stacji obsługi i napraw | - | E |
| 39 | Wymagania dotyczące kwalifikacji personelu obsługowo-naprawczego | - | K, W, E |

Oznaczenia:

K, W, E - etap oceny /konstruowanie, wytwarzanie, eksploatacja/
 $T_{nt}, T_{snt}, T_{wnt}, \dots$ - dodatkowa pracochłonność

- t_0 - czas odnowy w rzeczywistych warunkach pracy
 t_0' - czas odnowy uwzględniający najkorzystniejsze warunki pracy

Niezmierzalnie ważnym ogniwem w badaniach jest uzyskanie obiektywnych i wiarygodnych danych będących podstawą oceny. Służyć temu powinna właściwa organizacja badań, system zbierania, przetwarzania oraz wykorzystania danych z badań. System ten powinien jednocześnie umożliwiać szybkie uzyskanie wyników oceny oraz wykorzystanie jej elementów na odpowiednich etapach istnienia urządzenia /głównie projektowania i wytwarzania/.

Reasumując, badania odnawialności oraz ocena jej poziomu mogą być prowadzone w oparciu o:

- a/ modelowanie matematyczne /analiza regresji/ - etap projektowania,
- b/ modelowanie fizyczne - etap projektowania i wytwarzania,
- c/ porównanie z prototypem - etap projektowania i wytwarzania,
- d/ ocenę punktową - etap projektowania i wytwarzania,
- e/ porównanie uszkodzeń i ich usuwanie w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem oceny czasowej i punktowej - etap wytwarzania,
- f/ badania w rzeczywistych warunkach eksploatacji - etap eksploatacji.

Najpełniejszą i najbardziej obiektywną ocenę zapewniają badania eksploatacyjne prowadzone w naturalnych warunkach. Wyniki tych badań powinny stanowić ważny element w kształtowaniu odnawialności na etapie projektowania i wytwarzania.

5. Wnioski

Z uwagi na ograniczenia wynikające z możliwości wydawniczych, w artykule przedstawiono jedynie wybrane zagadnienia dotyczące problematyki badania i oceny odnawialności maszyn. Uzyskane wyniki pozwalają przypuszczać, że proponowane podejście do rozwiązywania przedmiotowego problemu może być przydatne w praktyce konstruowania, wytwarzania i eksploatacji urządzeń technicznych.

Dla udoskonalenia rozwiązań metodycznych należy pogłębić znajomość innych zagadnień, do których można zaliczyć między innymi:

1. Możliwość bardziej kompleksowej oceny odnawialności na etapie projektowania i konstruowania. Powinno to pozwolić na jej "wbudowanie" na tym etapie.
2. Pogłębienie wiedzy o sposobach projektowania systemu odnowy oraz zaopatrzenia w elementy wymienne jak również wpływu czynnika ludzkiego i organizacyjnego na ocenę odnawialności.
3. Zwiększenie zakresu stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej oraz zastosowanie techniki symulacyjnej w procesach oceny i prognozowania odnawialności urządzeń technicznych.

Literatura

- 1 Grębosz W.: Zastosowanie wyników badań technologiczności w procesie produkcji i odnowy sprzętu rolniczego. Materiały na konferencję Eksploatacja Ciągników i Maszyn Rolniczych. Warszawa 1978
- 2 Iwaszczenko N.: Technologia remontu awtomobiliej. Wiszcza Szkoła. Kijew 1977
- 3 Jedliński R.: Badania odnawialności urządzeń technicznych na przykładzie pojazdów jednośladowych. Politechnika Poznańska 1978
- 4 Jedliński R.: Odnawialność urządzeń technicznych w procesach konstruowania, wytwarzania i eksploatacji. Materiały Szkoły Zimowej 81. OPT Katowice 1981
- 5 Kiliński A.: Definicje opisowo-analityczne i wartościująco-normatywne podstawowych pojęć niezawodności. Prakseologia 38/71
- 6 Wołkow P.: Remontoprigradnost' maszin. Izdatielstwo Maszinostrojenije. Moskwa 1975

AN ATTEMPT AT A SYSTEMATIC APPROACH TOWARD PROBLEMS OF ESTIMATING
AND RESEARCH ON RENEWABILITY OF TECHNICAL DEVICES

Summary

The author deals with problems of estimating and research on renewability of technical devices. There was made an analysis of factors effecting its level as well as there was estimated a possibility of controlling them at the stages of designing, manufacturing and exploitation.

There has been suggested a set of indices and criteria for estimating renewability of technical devices.

ПОПЫТКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРАКТОВКИ ПРОБЛЕМАТИКИ ОЦЕНКИ И ИССЛЕДОВАНИЙ
РЕНОВАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Резюме

В статье рассмотрена проблематика оценки и исследований реновации технических устройств. Проведен анализ факторов влияющих на ее уровень, а также оценена возможность формирования на этапе проектирования, производства и эксплуатации.

Предложен комплект указателей и критериев оценки реновации технических устройств.

Zbigniew Kikiewicz

Jacek Ciszak

PROBLEMY KSZTAŁCENIA EKSPLOATATORÓW MASZYN I URZĄDZEŃ PRZEMYSŁU SPOŻYWCZEGO

Sprawa wyżywienia narodu jest we współczesnej sytuacji bardzo ważna społecznie, gdyż przewiduje się znaczny wzrost i zmianę struktury jakości spożycia żywności w kraju do roku 1990.

Jednym z najistotniejszych warunków podwyższenia produkcyjnego w przemyśle jest właściwie przygotowana kadra eksploatatorów. Kształcenie kadr dla przemysłu spożywczego powinno być ściśle związane z kształceniem kadr dla rolnictwa, gdyż cykl produkcji żywności nie kończy się na rolnictwie, lecz wymaga także wielu zabiegów dla otrzymania gotowego wyrobu handlowego.

1. Wprowadzenie

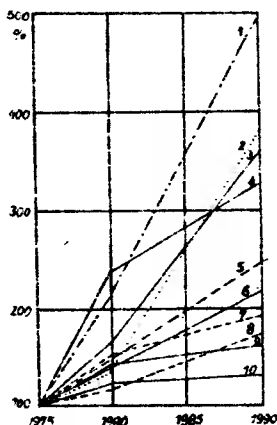
Zasady żywienia wymagają, aby człowiek zależnie od wieku i innych czynników spożywał codziennie dostatecznie urozmaicone pożywienie zawierające komplet substancji odżywczych i energetycznych potrzebnych do egzystencji.

Według Niewiadomskiego [8] "W okresie do 1990 roku ludność nasza powiększy się o około 7 mln. Jej procent w wieku 18-59 lat wzrośnie z 54 do 59,5, liczba dzieci i młodzieży zmniejszy się z 32,8% do 22,1%, a więc zmiany spożycia łącznie z fluktuacją demograficzną będą wymagały w przybliżeniu podwojenia produkcji roślinnej i zwierzęcej...". Mówiąc jednak o zadaniach, które trzeba rozwiązać należałoby uwzględniać nie tylko rolnictwo lecz i przemysł spożywczy. W przeważającej bowiem liczbie przypadków występuje przyczynowa łączność pomiędzy zjawiskami zachodzącymi w warstwie rolnej a ilością i jakością gotowego produktu, tj. żywności".

Znane jest pojęcie tak zwanego "kompleksu żywnościowego", które oznacza, że rolnictwo i przemysł spożywczy są ściśle ze sobą związane poprzez wykonywanie kompleksu funkcji obejmującego również przejęcie przez przemysł spożywczy surowca i przetwarzanie go we właściwy sposób. Prowadzenie produkcji w przemyśle spożywczym, jej poziom i wydajność zależą nie tylko od bazy technicznej, lecz przede wszystkim od poziomu i właściwego ukształtowania kadry kierowniczej oraz pracowników bezpośredniej obsługi linii technologicznej.

2. Stan i perspektywy rozwoju przemysłu spożywczego

Zadania w zakresie wzrostu spożycia krajowego i poprawy jego struktury oraz możliwości rozwijania opłacalnej produkcji eksportowej wymagają dynamicznego rozwoju przemysłu spożywczego. Wartość produkcji globalnej przemysłu spożywczego w okresie 1975-1990 powinna wzrosnąć około dwukrotnie [4]. W układzie branżowym tempo rozwoju będzie znacznie zróżnicowane, co przedstawiono na rys.1.



Rys.1. Dynamika rozwoju sprzedaży produkcji wybranych branż przemysłu spożywczego w latach 1975-1990.

Przemysł: 1-koncentratów spożywczych, 2-ziemniaczany, 3-chłodniczy, 4-jajczarsko-drobiarski, 5-mleczarski, 6-spożywczy ogółem, 7-owocowo-warzywny, 8-mięsny, 9-cukrowniczy, 10-zbożowo-młynarski

Natomiast tempo wzrostu spożycia wybranych produktów żywnościowych na jednego mieszkańca w Polsce przedstawiono w tabeli 1 [4].

Obecna sytuacja w Polsce dotycząca zaopatrzenia rynku w żywność spowodowała, że zagadnienie to przyjmuje jeszcze większe znaczenie w najbliższej przyszłości. Zasadniczym i podstawowym bowiem warunkiem zaspokojenia potrzeb społecznych w tym zakresie jest dostarczenie wymaganej ilości żywności na rynek, a więc odpowiedniej wielkości produkcji przemysłu spożywczego. Wobec zwiększonej siły nabywczej społeczeństwa i faktu, że około 60 % budżetu rodzinnego wydawane jest na żywność - zamieszczone w tej pub-

Tabela 1

Spożycie wybranych produktów żywnościowych na jednego mieszkańca Polski

| Wyszczególnienie | 1937 /1938/ | Wykonanie | | | | 1990 |
|--|----------------|-----------|-------|-------|---------|------|
| | | 1950 | 1970 | 1975 | | |
| I. Grupa białka zwierzęcego | | | | | | |
| Mięso i przetwory /kg/ | 16,5 | 36,5 | 53,0 | 70,3 | 85 - 90 | |
| Mleko i przetwory / bez masła/ /l/ | 185,0 | 206,0 | 262,0 | 264,0 | 340,0 | |
| Jaja /szt./ | 114,0 | 116,0 | 186,0 | 209,0 | 270,0 | |
| Ryby i przetwory /kg/ | 2,3 | 1,7 | 6,3 | 7,2 | 11 - 12 | |
| II. Grupa tłuszczowa w wadze handlowej | | | | | | |
| Masło /kg/ | 2,0 | 3,3 | 6,0 | 7,4 | 10,0 | |
| Tłuszcze zwierzęce /kg/ | 3,1 | 6,2 | 8,2 | 8,1 | 7,5 | |
| Tłuszcze roślinne /kg/ | 1,2 | 1,7 | 6,6 | 7,5 | 8,5 | |
| Razem tłuszcze /kg/ | 6,3 | 11,2 | 20,8 | 23,0 | 26,0 | |
| III. Grupa węglowodanowa | | | | | | |
| Cukier /kg/ | 2,6 | 21,0 | 39,2 | 43,0 | 49,0 | |
| Przetwory zbożowe /kg/ | 137,0 | 166,0 | 131,0 | 120,0 | 90,0 | |
| Ziemniaki /kg/ | 260,0 | 270,0 | 190,0 | 173,0 | 110,0 | |
| IV. Grupa witaminowa | | | | | | |
| Owoce i przetwory /kg/ | | 8,3 | 36,0 | 39,0 | 90,0 | |
| Warzywa i przetwory /kg/ | | 60,6 | 92,0 | 96,0 | 145,0 | |

Źródło: Roczniki Statystyczne GUS 4

likacji dane o wielkości spożycia nie mogą ulec poważnemu zmniejszeniu. Z drugiej strony, biorąc na przykład pod uwagę przemysł zbożowo-młynarski, można podać za środkami masowego przekazu, że obecnie grozi postój wielu zakładów tego przemysłu, a doszło nawet do tego, że przemiał zbóż zlecany jest za granicą. Według rozeznania autorów spowodowane jest to dwiema głównymi przyczynami, a mianowicie: przedwczesnym zużyciem parku maszynowego na skutek trzymianowej ciągłej eksploatacji bez prawidłowej konserwacji i remontów, a także brakiem kadry eksploatatorów i pracowników bezpośredniej obsługi produkcji. Zachodzi natychmiastowa potrzeba odnowienia parku maszynowego tego przemysłu, gdyż może wystąpić brak chleba na rynku. Warunkiem koniecznym jest również modernizacja linii produkcyjnych tego przemysłu przy użyciu krajowych maszyn i urządzeń. Przedstawiona sytuacja dotyczy jednej z branż przemysłu spożywczego, jednak podobnie dzieje się w wielu innych gałęziach tego przemysłu, np. w przemyśle paszowym czy piekarskim.

Należy podkreślić, że import wyrobów przemysłu spożywczego o tak zwanym "charakterze podstawowym" musiałby mieć charakter masowy, co w naszej sytuacji dewizowej jest niemożliwe. Określa to jednoznacznie kierunek działania polegający na koncentrowaniu sił i środków wewnątrz kraju w celu poprawy sytuacji żywnościowej. Innym aspektem sprawy jest fakt, że zaopatrzenie w surowiec dla przemysłu spożywczego musi być utrzymane na koniecznym poziomie, a nawet z pewną rezerwą. Wobec tego - niezależnie od wielkości dostaw tego surowca z polskiego rolnictwa - jeżeli dostawy te nie osiągną wymaganego poziomu - musi nastąpić import. Tak kosztowny surowiec powinien być racjonalnie wykorzystany i przerabiany z jak największym efektem.

3. Stan i perspektywy rozwoju przemysłu budowy maszyn spożywczych

Według J. Szymańskiego i W. Czyżewskiego [10] "W latach 1971 - 1975 w zakupionych przez przemysł spożywczy maszynach i urządzeniach dostawy krajowe stanowiły 28%, a pozostałe 72% pochodziło z importu. W pięcioletniu 1976 - 1980 sytuacja uległa znacznej poprawie, gdyż maszyny i urządzenia krajowe stanowiły około 52%, a importowane około 48%. Tym niemniej w świetle wzrastających potrzeb nadal niezbędne było zwiększenie zakupów z importu o ponad 12% w stosunku do ubiegłego pięcioletnia".

Generalnym dostawcą maszyn i urządzeń dla przemysłu spożywczego jest Zjednoczenie Maszyn Spożywczych i Urządzeń Handlowych. Zjednoczenie to w znacznym zakresie rozbudowało ostatnio swoje zaplecze naukowo-badawcze, aby postawić na odpowiednim do potrzeb poziomie ilościowym i jakościowym produkcję maszyn spożywczych. Ma ono w najbliższym czasie ulec dalszej rozbudowie. W związku z tym występuje potrzeba zatrudnienia specjalistów w tym zapleczu. Według danych Wydziału Przemysłu Spożywczego Sekretariatu RWPG [12] prognozowane nakłady w latach 1990 - 2000 na prace naukowo-ba-

dawcze i doświadczalno-konstrukcyjne w zakresie rozwoju produkcji pieczywa i wyrobów piekarskich wyniosą 60 milionów rubli przeliczeniowych, a nakłady na prace nad urządzeniami doświadczalno-przemysłowymi i ich wprowadzeniem do przemyślu - 190 milionów rubli przeliczeniowych.

Według wstępnych założeń, zapotrzebowanie przemysłu spożywczego na maszyny i urządzenia produkcji Zjednoczenia Przemysłu Maszyn Spożywczych i Urzędzeń Handlowych na lata 1981-1985 wyniesie około 30 miliardów złotych, w tym 10 :

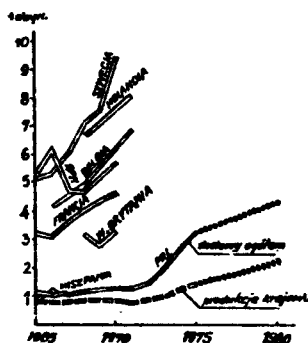
| | |
|------------------------------|-----|
| - mięso i drób | 7,1 |
| - zbożowc-paszowy | 7,7 |
| - płody rolne | 6,7 |
| - mleko | 6,9 |
| - opakowania i rozlew | 7,2 |
| - urządzenia dla gastronomii | 2,4 |

Zjednoczenie PMSiUH będzie sukcesywnie realizować założenia specjalizacji zakładów według następującego podziału [2]:

- systemy: mleko, mięso, zboże i piekarstwo, pasze,
- aparatura procesowa, autoklawy, destruktory i inne urządzenia dla przemysłu owocowo-warzywnego, ziemniaczanego, cukierniczego, spirytusowego.

W ramach RWPG [9] istnieje umowa o wielostronnej międzynarodowej specjalizacji produkcji i wzajemnych dostawach maszyn dla przemysłu spożywczego obejmująca 306 asortymentów w 12 branżach, w tym specjalizacja PRL w 88 maszynach i liniach.

Wielkość dostaw maszyn spożywczych przypadająca na jednego obywatela w różnych krajach Europy zilustrowano na rys.2 [13].



Rys.2. Wielkość dostaw maszyn spożywczych przypadająca na jednego obywatela w różnych krajach Europy

Polska produkcja krajowa była więc w roku 1970 najniższa spośród analizowanych krajów. W wartościach bezwzględnych stanowiło to dziesięciokrotnie mniej niż na przykład w Szwecji.

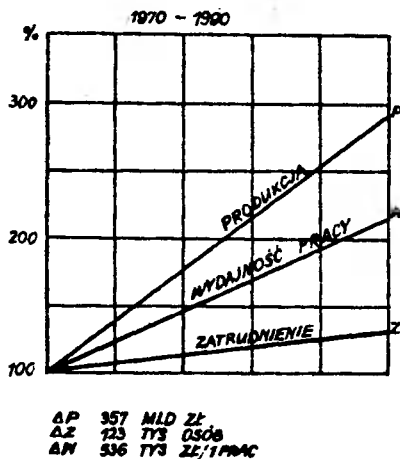
4. Zapotrzebowanie na absolwentów szkolnictwa wyższego o specjalności: "Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego"

W danych statystycznych [16] wartość parku maszynowego w przemyśle spożywczym wynosi 80,6 mld złotych.

Według danych ogólnoprzemysłowych koszty związane z eksploatacją stanowią w stosunku rocznym około 10% wartości parku maszynowego danego przemysłu. Poprawa procesu eksploatacji załedwie o 5% przyniosłaby oszczędności w przemyśle spożywczym rzędu 400 mln złotych. W tej sytuacji olbrzymią rolę w efektywności gospodarki w przemyśle spożywczym odgrywa zagadnienie optymalnej eksploatacji, która ma olbrzymi wpływ nie tylko na bezpośrednie koszty użytkowania i obsługiwanie maszyn, jednak również na wartość i jakość produktów spożywczych.

Naszym zdaniem wskutek braku eksploatatorów - w minionym okresie nastąpiło znaczne zużycie parku maszynowego w przemyśle spożywczym, które obecnie wynosi 43,6% [16]. Z tego względu wzrosły znacznie koszty eksploatacji. W szczególności brak jest w przemyśle spożywczym eksploatatorów z wyższym wykształceniem. Jak wynika z rys. 3 [14] wzrost wydajności przemysłu spożywczego do roku 1990 nastąpi w drodze mechanizacji linii przy malejącym zatrudnieniu. W związku z tym muszą wzrosnąć kwalifikacje pracowników. Uwzględnić tu należy również taki czynnik jak struktura organizacyjna przemysłu spożywczego, gdzie oprócz kombinatów istnieje duża ilość mniejszych przedsiębiorstw. Planowany rozwój inwestycyjny zakładów tego przemysłu przebiega w kierunku budowy dużej ilości małych zakładów przy nie rezygnowaniu z utrzymania produkcji w tak zwanym przemyśle kluczowym. Taki układ przemysłowy będzie wymagał zwiększonej ilości absolwentów wyższych uczelni. Zagadnienia te wystąpią w szczególności w przemyśle piekarskim. Według danych z CZSS "Społem" [6] do roku 1985 powinno być tam zatrudnionych 3000 osób z wyższym wykształceniem. Szacuje się, że roczne zapotrzebowanie na absolwentów o specjalności eksploatacja maszyn przemysłu spożywczego wyniesie około 350 osób.

Należy wspomnieć, że istnieje konieczność wymiany połowy parku maszynowego przemysłu spożywczego przy potrzebie jednoczesnego pokrycia rosnącego zapotrzebowania na maszyny w wyniku planowanych inwestycyjnych nakładów w tym przemyśle. Wymaga to konstruowania, badania, produkcji maszyn spożywczych i ich eksploatacji przy współpracy przemysłu budowy maszyn z przemysłem spożywczym. W związku z tym w przemyśle budowy maszyn spożywczych również powinni być zatrudnieni absolwenci - eksploatatorzy.



Rys.3. Produkcja, zatrudnienie i wydajność pracy w przemyśle spożywym

Jak informuje Zjednoczenie PMSIUH. 11 przewiduje się wzrost zatrudnienia pracowników z wyższym wykształceniem w roku 1985 o 178,7%, a w roku 1990 o 273,5%. Przeliczając wyżej podane wskaźniki na liczby bezwzględne Zjednoczenie zatrudni w okresach między poszczególnymi latami następujące ilości absolwentów szkół wyższych o kierunku politechnicznym:

- w latach 1981 - 1985 - 750 osób,
- w latach 1986 - 1990 - 760 osób.

Pewien procent zapotrzebowania na pracowników z wyższym wykształceniem pokryją pracownicy podnoszący kwalifikacje przez studia na wyższych uczelniach, ale większość jednak zostanie zatrudniona drogą bezpośredniego werbunku w oparciu o stypendia fundowane i umowy przedwstępne.

Wyżej określone zapotrzebowanie na eksploatatorów maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego stawia poważne zadania przed szkolnictwem wyższym w przygotowaniu absolwentów o niżej opisanym profilu wykształcenia.

5. Profil kształcenia absolwenta specjalności: "Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego"

Realizacja wdrożeń nowych rozwiązań maszyn i urządzeń dla przemysłu odbywa się w ramach tak zwanego pełnego cyklu wdrożeniowego techniki, który obejmuje następujące etapy:

- wykorzystanie wyników badań podstawowych,
- prognozowanie w zakresie technologii przemysłu spożywczego,
- prognozowanie w zakresie konstrukcji maszyn i urządzeń dla przemysłu spożywczego,
- badania półtechniczne elementów roboczych wdrażanych maszyn,
- badania na stanowisku pilotowym w skali 1 : 1,
- konstruowanie prototypu przy uwzględnieniu warunków technologii jego wykonania,
- próby i badania prototypu,
- projektowanie zakładu przetwórstwa spożywczego,
- budowa zakładu przemysłu spożywczego,
- rozruch obiektu i jego eksploatacja przy zapewnieniu odnowy parku maszynowego czyli przeprowadzania planowych remontów.

Trzeba tutaj wyraźnie odróżnić zakres wiadomości inżyniera mechanika czy technologa żywności od zakresu wiadomości inżyniera eksploatatora, szczególnie powołanego do bezpośredniego kierowania ruchem produkcji a nie spełniania funkcji w administracji przemysłowej. Absolwent uczelni przeznaczony do podjęcia pracy w przemyśle spożywczym, jak również w zapleczu naukowo-badawczym tego przemysłu - powinien mieć przygotowanie zapewniające znajomość nie tylko zasad przetwórstwa i technologii żywności lecz również eksploatacji linii produkcyjnej w konkretnym obiekcie przemysłowym. Nie należy wykluczać również możliwości podjęcia przez tego absolwenta pracy w branży producenta maszyn spożywczych. Wyłania się więc profil absolwenta wymagający odpowiedniego opracowania programu studiów. Absolwent przygotowany wyłącznie z zakresu technologii żywności bez znajomości zasad eksploatacji urządzeń nie poprowadzi należycie produkcji ani nie nawiąże partnerskiego dialogu z przedstawicielem branży producenta maszyn spożywczych. Także konstruktor bez znajomości zasad technologii żywności i zasad eksploatacji nie stworzy racjonalnie działającej maszyny spożywczej. W przemyśle spożywczym będzie występować stały wzrost poziomu mechanizacji produkcji, a tym samym technicznego uzbrojenia miejsca pracy. Poszczególne branże przemysłu spożywczego wymagać będą rozwiązywania specyficznych problemów mechanizacji przetwórstwa i uszlachetniania wyrobów spożywczych. Poziom absolwentów eksploatatorów musi więc być możliwie jak najwyższy, o profilu odpowiadającym określonym branżom przemysłowym. Funkcje twórcze, organizacyjne i kierownicze inżynierów - eksploatatorów wymagają odpowiedniego przygotowania w czasie studiów. Postęp bowiem w zakresie konstrukcji i technologii wytwarzania oraz sterowania procesami roboczymi realizowanymi przez obiekty techniczne doprowadził do powstania wielu różnorodnych, często bardzo złożonych systemów technicznych. Praktyczna użyteczność całych systemów technicznych, jak również mniej skomplikowanych, a nawet pojedynczych maszyn, zależy od ich zdolności do wykonywania pracy zgodnej z ich przeznaczeniem 5 , a więc od umiejętności ich eksploataowania.

6. Stan kształcenia eksploatatorów maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego w polskich uczelniach wyższych

Kształcenie wysoko kwalifikowanych kadr dla przemysłu spożywczego i jego zaplecza naukowo-badawczego jest prowadzone w polskich wyższych uczelniach technicznych na dwu kierunkach, tj. Chemia i Mechanika, oraz w Akademiach Rolniczych. Na kierunku Chemia słuchacze mają do wyboru m.in. specjalność pod nazwą "Chemia i technologia spożywcza", po ukończeniu której uzyskują dyplom magistra inżyniera chemika środków spożywczych /na studiach dziennych/ lub tytuł inżyniera /na studiach dla pracujących/. Studia tego rodzaju prowadzą dwie placówki naukowo-dydaktyczne, a mianowicie: Wydział Chemii Spożywczej Politechniki Łódzkiej i Instytut Chemii i Technologii Organicznej oraz Żywnościowej na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej. Na kierunku Mechanika studenci mogą zdobywać kwalifikacje na specjalizacji "Maszyny i urządzenia przemysłu spożywczego", zlokalizowanego na wydziałach mechanicznych kilku Politechnik i Szkół Inżynierskich i Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, m.in. w Łodzi, Gdańsku, Białymstoku, Lublinie oraz w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Absolwenci tych uczelni są kształceni głównie w zakresie konstrukcji i technologii maszyn przemysłu spożywczego. Natomiast specjalność "Eksploatacja maszyn spożywczych" jest prowadzona tylko na jednej uczelni, tj. w Akademii Rolniczej w Lublinie na kierunku "Mechanizacja rolnictwa".

Przemysł spożywczy odczuwa więc bardzo poważny brak wykwalifikowanych kadr z zakresu eksploatacji maszyn spożywczych.

W Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy w Instytucie Technologii i Eksploatacji Maszyn przed pięciu laty przystąpiono do organizacji specjalności: "Maszyny i urządzenia przemysłu spożywczego i chemicznego". Od dwóch lat Uczelnię opuszczają absolwenci tego kierunku.

W ATR prowadzone są także prace badawcze w ramach problemu węzłowego O9.9. o brzmieniu: "Przygotowanie i uruchomienie produkcji maszyn i urządzeń technicznych dla preferowanych technologii w przemyśle spożywczym". Prace te są wykonywane w ścisłej współpracy z zapleczem naukowo-badawczym przemysłu producenta maszyn spożywczych [1]. W Bydgoszczy rozwija się silny ośrodek przemysłowy produkcji maszyn zbożowo-młynarskich, piekarskich i paszowych pod nazwą "SPOMASZ". Ze względu na potrzeby regionu przyjęto w ATR te branże przemysłu spożywczego jako kierunek szkolenia. Uwzględniając podane wyżej związki i zależności skutkowo-przyczynowe rolnictwa, przemysłu spożywczego i przemysłu produkcji maszyn spożywczych, w Zakładzie Eksploatacji Maszyn ATR w Bydgoszczy opracowano nowy program studiów na kierunku Mechanizacja rolnictwa dla specjalności "Eksploatacja maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego". Wspólne są przedmioty podstawowe, natomiast ukierunkowanie następuje na starszych latach studiów. W programach nauczania uwzględniono w większym rozmiarze niż w Akademiach Rolniczych przedmioty techniczne, szczególnie z eksploatacji maszyn.

Program omawianego kierunku studiów umożliwi przygotowanie absolwenta - eksploatatora maszyn spożywczych, także do poznania zadań stawianych przy wykonywaniu każdego z etapów pełnego cyklu twórczości technicznej realizującej powstanie nowej maszyny i włączenie jej do eksploatacji w określonym obiekcie przemysłowym. Zagadnienie rozwoju przemysłu spożywczego, a w szczególności budowy, eksploatacji oraz niezawodności działania maszyn i urządzeń tego przemysłu stanowi jedno z priorytetowych zagadnień związanych z aktualnymi potrzebami polskiej gospodarki żywnościowej.

Literatura

- [1] Ciszak J.: Współpraca Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Maszyn i Urządzeń Przetwórstwa Zbożowo-Paszowego z Akademią Techniczno-Rolniczą w Bydgoszczy. Przegląd Zbożowo-Młynarski 1980, 10 - 11
- [2] Polczyk W.: Maszyny i urządzenia dla przemysłu spożywczego. Przemysł Spożywczy 1980, 2, 43
- [3] Imbs B.: Zadania przemysłu mleczarskiego i szkolnictwa w realizacji programu żywienia narodu. Przemysł Spożywczy 1980, 4, 133
- [4] Kamiński W.: Perspektywiczne kierunki ekonomicznego rozwoju i unowocześnienia przemysłu spożywczego. Przemysł Spożywczy 1979, 3, 81
- [5] Kikiewicz Z., Mielcarzewicz R.: Niektóre zagadnienia niezawodności urządzeń w przemyśle spożywczym. Kursokonferencja nt.: "Problemy racjonalnego gospodarowania maszynami i urządzeniami w przemyśle spożywczym. Konferencja NOTSIT Spoż. Toruń 6-7.XII.1979. Zbiór referatów s.3
- [6] Laskowska A.: Metody rozwiązywania problemów kadrowych na przykładzie "Społem". Konferencja NOT Łódź 9.X.1980
- [7] Moszczyński P.: Politechniczne kształcenie kadr dla przemysłu spożywczego. Konferencja NOT nt.: "Kadry kwalifikowane dla gospodarki żywnościowej - potrzeby, a możliwości kształcenia. Łódź 9.X.1980. Materiały konferencyjne s.29.
- [8] Niewiadomski H.: Aktualne zadania technologii żywności. Przemysł Spożywczy 1979, 12, 444
- [9] Rewiński M.: Współpraca krajów członkowskich RWPG w produkcji maszyn dla przemysłu spożywczego. Przemysł Spożywczy 1980, 2, 56
- [10] Szymański J., Czyżewski W.: Dostawy nowoczesnych maszyn i urządzeń warunkiem rozwoju i modernizacji przemysłu spożywczego. Przemysł Spożywczy 1980, 2, 44
- [11] Szymański J., Czyżewski W.: Informator "SPOMASZ" dla studentów i absolwentów szkół wyższych. Zjednoczenie "SPOMASZ" Warszawa 1977

- [12] Szymański J., Czyżewski W.: Doświadczenia wynikające ze współpracy krajów RWPG w prognozowaniu rozwoju nauki i techniki w przemyśle spożywczym. Przemysł Spożywczy 1979, 3, 89
- [13] Szymański J., Czyżewski W.: Prace Naukowo-Badawcze Instytutu Maszyn Spożywczych. Warszawa, grudzień 1976, s.7, 12
- [14] Szymański J., Czyżewski W.: Przemysł Spożywczy 1979, 3, strona tytułowa
- [15] Szymański J., Czyżewski W.: Informator dla kandydatów na studia wyższe. Ministerstwo Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki, Warszawa 1980
- [16] Szymański J., Czyżewski W.: Rocznik statystyczny 1980 rok XL. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, s.164

PROBLEMS OF TRAINING USERS OF MACHINES IN FOOD INDUSTRY

Summary

The problem of people alimentation is - under present conditions - very significant since a considerable increase and changes in the structure of food consumption are expected in this country up to 1990.

Properly prepared users' staff is one of the most important conditions for a production success in industry. Training of the staff for the food industry should be closely connected with training of the staff for agriculture since a food production cycle does not include only agriculture but also requires a number of treatments for obtaining a commercial product.

ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА МАШИН И УСТРОЙСТВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

Проблема снабжения народа продовольственными продуктами в настоящее время является очень важной общественной задачей, т.к. предвидится существенное повышение и изменение структуры качества потребления продовольствия в стране до 1990г.

Одним из важнейших условий производственного успеха в промышленности являются хорошо подготовленные кадры эксплуатационников. Подготовка кадров для пищевой промышленности должна быть тесно связана с подготовкой кадров для сельского хозяйства, так как цикл производства продуктов питания не кончается сельским хозяйством, а требует большого количества операций для получения готовой товарной массы.

Zbigniew Kikiewicz
Jerzy Lewandowski

ROLA I POTRZEBA KSZTAŁCENIA EKSPLOATATORÓW DLA POTRZEB PRZEMYSŁU PAPIERNICZEGO

W artykule przedstawiono rozwój produkcji papieru i tektury w kraju i za granicą oraz budowy maszyn i urządzeń przemysłu celulozowo-papierniczego.

Wykazano rolę i znaczenie wykwalifikowanych kadr inżynierskich w eksploatacji maszyn tej branży przemysłowej w obecnej sytuacji gospodarczej kraju.

Uzasadniono potrzebę utworzenia specjalności z zakresu eksploatacji maszyn przemysłu celulozowo-papierniczego w jednej z Uczelni Akademickich w Polsce.

1. Rozwój przemysłu papierniczego

Jednym z kryteriów tempa rozwoju gospodarczego kraju jest produkcja papieru oraz jego zużycie przypadające na jednego mieszkańca. Spożycie papieru i tektury w Polsce jest stosunkowo bardzo niskie. Przy wskaźniku 42 kg zużycia papieru na mieszkańca zajmujemy w Europie 22 miejsce, a w świecie 34.

Deficyt papieru hamuje rozwój wielu dziedzin przemysłu, dla których papier i tektura stanowią niezbędny półprodukt do dalszej produkcji. Poważne zapotrzebowanie występuje w szczególności w takich przemysłach jak:

- przemysł maszynowy, papiery i tektury do produkcji filtrów, uszczeltek oraz jako elementy wielu maszyn i urządzeń,
- przemysł elektrotechniczny - papiery lub tektury do różnych typów izolacji, bibułki kondensatorowe itp.,
- przemysł lekki - tektury w branży obuwniczej i włókienniczej, w procesie drukowania tkanin, tkaniny jednorazowego użytku itp.,
- przemysł drzewny oraz budownictwo - papiery do laminowania płyt i oklein, tektury do izolacji i na suche tynki.

Z analizy danych statystycznych wynika, że następuje pogłębianie się deficytu papieru, który przed 10-ciu laty szacowany był na 200 tys. ton, a obecnie wynosi 500 tys. ton. Wynika stąd, iż rozwój przemysłu papierniczego, a więc fabryk papieru i maszyn przebiega zbyt wolno i nieprawidłowo.

Wymowne jest zestawienie tabelaryczne (tab.1) [1], z którego wynika, że kraje o znacznie niższym od naszego zużyciu wyprzedziły nas, uzyskując tempo wzrostu od 2 do 3 razy wyższe.

Tabela 1

Produkcja papieru i tektury w tys. ton/rok

| Kraj | 1960 | 1970 | 1978 | Wzrost w % 1978/1960 | Obecne zużycie na mieszkańca |
|----------------|------|------|------|-------------------------|---------------------------------|
| Węgry | 54 | 258 | 469 | 869 | 53 |
| Czechosłowacja | 611 | 819 | 1142 | 167 | 76 |
| NRD | 107 | 1156 | 1206 | 154 | 80 |
| Hiszpania | 377 | 1103 | 2175 | 665 | 60 |
| Jugosławia | 175 | 585 | 973 | 555 | 46 |
| Polska | 640 | 961 | 1318 | 206 | 42 |

Rozpatrując dalej strukturę zużycia papieru i tektury w skali światowej w aspekcie rozbicia na poszczególne rodzaje papieru, co umożliwia dokładniejsze zobrazowanie potrzeb kraju, załącza się tab.2 [1].

Tabela 2

Struktura zużycia papieru i tektury w 1978 roku

$$\frac{\text{liczba nad kreską}}{\text{liczba pod kreską}} = \frac{\text{kg/mieszkańca}}{\% \text{ w spożyciu}}$$

| Lp | Kraj | Rodzaje papierów | | | | | | |
|----|----------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | | ogółem kg na mieszkańca | gazetowe | drukowe i do pisania | na pu- dełka | pakowe | tech- niczne | higie- niczne |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | USA | 274 | $\frac{43,7}{16,0}$ | $\frac{58,9}{21,5}$ | $\frac{114,1}{41,6}$ | $\frac{19,3}{7,0}$ | $\frac{21,5}{7,9}$ | $\frac{16,5}{6,0}$ |
| 2 | Szwecja | 175 | $\frac{32,1}{18,5}$ | $\frac{47,1}{26,9}$ | $\frac{36,8}{21,0}$ | $\frac{15,5}{8,8}$ | $\frac{27,3}{15,0}$ | $\frac{16,0}{9,2}$ |
| | Holandia | 147 | $\frac{29,6}{20,1}$ | $\frac{42,3}{28,8}$ | $\frac{45,2}{30,8}$ | $\frac{14,3}{9,7}$ | $\frac{12,1}{8,2}$ | $\frac{7,5}{5,1}$ |
| 4 | RFN | 143 | $\frac{19,0}{13,3}$ | $\frac{47,2}{33,0}$ | $\frac{51,6}{36,0}$ | $\frac{9,4}{6,6}$ | $\frac{11,4}{8,0}$ | $\frac{5,1}{3,1}$ |
| 5 | Japonia | 142 | $\frac{21,2}{15,0}$ | $\frac{35,9}{25,3}$ | $\frac{56,4}{39,8}$ | $\frac{11,1}{7,8}$ | $\frac{10,6}{7,4}$ | $\frac{6,5}{4,7}$ |
| 6 | Anglia | 130 | $\frac{23,6}{18,1}$ | $\frac{30,0}{23,0}$ | $\frac{49,7}{38,8}$ | $\frac{10,1}{7,7}$ | $\frac{8,5}{6,4}$ | $\frac{8,1}{6,0}$ |

cd. tabeli 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|----------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 7 | Francja | 110 | $\frac{11,5}{10,5}$ | $\frac{36,0}{32,7}$ | $\frac{42,9}{38,8}$ | $\frac{13,0}{11,9}$ | $\frac{3,4}{3,1}$ | $\frac{3,2}{3,0}$ |
| 8 | Włochy | 81 | $\frac{4,6}{5,7}$ | $\frac{25,9}{32,0}$ | $\frac{35,5}{43,8}$ | $\frac{7,0}{8,6}$ | $\frac{5,9}{7,3}$ | $\frac{2,1}{2,6}$ |
| 9 | NRD | 80 | $\frac{8,8}{11,0}$ | $\frac{12,0}{15,0}$ | $\frac{30,5}{38,1}$ | $\frac{17,3}{21,6}$ | $\frac{10,4}{13,0}$ | $\frac{1,0}{1,3}$ |
| 10 | Czechosłowacja | 76 | $\frac{4,4}{5,7}$ | $\frac{15,5}{20,3}$ | $\frac{26,7}{35,1}$ | $\frac{17,7}{23,2}$ | $\frac{9,3}{12,6}$ | $\frac{2,4}{3,1}$ |
| 11 | Hiszpania | 60 | $\frac{3,1}{5,2}$ | $\frac{16,1}{26,8}$ | $\frac{30,0}{50,0}$ | $\frac{4,4}{7,3}$ | $\frac{4,2}{7,0}$ | $\frac{2,2}{3,7}$ |
| 12 | Polska | 42 | $\frac{3,7}{8,8}$ | $\frac{6,7}{16,0}$ | $\frac{13,3}{31,7}$ | $\frac{10,9}{26,0}$ | $\frac{4,9}{11,6}$ | $\frac{2,5}{5,9}$ |

Wybrane wartości są zgodne z podziałem przyjętym w statystykach FAO.

Z powyższych zestawień wynika, że Polska znajduje się nawet za takimi krajami jak: Czechosłowacja, NRD, Hiszpania.

W najbliższej przyszłości, tj. w roku 1985 przewidywana produkcja papieru i tektury ma wzrosnąć do 1650 tys. ton, a w roku 1990 do 2000 tys. ton. Natomiast w latach 1990 - 2000 należy przełamać kłopotliwą barierę deficytu, tak aby zachować dynamikę wzrostu około 4,5% i uzyskać w roku 2000 produkcję około 2800 tys. ton.

Wyżej przedstawione informacje oraz przewidywana produkcja oznaczają, iż w ciągu najbliższych lat należy podjąć następujące główne kierunki działania w celu uzyskania zamierzonego rozwoju:

- oszczędne gospodarowanie papierem powinno być zasadą obowiązującą wszystkich użytkowników,
- podniesienie efektywności pracy,
- zwiększenie niezawodności działania systemów i urządzeń,
- modernizacja celulozowni i papierni oraz doskonalsza eksploatacja,
- korekty asortymentowe z przeprofilowaniem maszyn papierniczych,
- zwiększenie wykorzystania makulatury,
- unowocześnienie parku maszynowego,
- realizacja niezbędnych nowych inwestycji.

Wszystkie wymienione wyżej kierunki winny być realizowane równolegle w ujęciu kompleksowego działania dla poprawy efektywności i rozwoju przemysłu.

2. Park maszynowy w przemyśle papierniczym

Produkcja papieru i tektury oraz jej wzrost w obecnym stanie rozwoju techniki stanowi funkcję jakości i ilości parku maszynowego w przemyśle celulozowo-papierniczym. Zagadnienie to należy bezwzględnie rozpatrywać w aspekcie ekonomicznym całości gospodarki.

Zakup nowoczesnych maszyn papierniczych o dużych wydajnościach oraz wysokich prędkościach wstęgi może być rozpatrywany w aspekcie importu, gdyż nasz przemysł nie jest w stanie dostarczyć takich maszyn.

Dla zobrazowania podano w tab.3 [2] przewidywany wzrost szerokości, prędkości i wydajności maszyn papierniczych do roku 2000.

Tabela 3

Przewidywany wzrost szerokości, prędkości
i wydajności maszyn papierniczych do roku 2000

| Rodzaj papieru | Szerokość m | | Prędkość robocza m/ min | | Względna maszyny | wydajność t/ m ² 24h |
|---|----------------|-------|----------------------------|-----------|---------------------|------------------------------------|
| | 1971 | 2000 | 1971 | 2000 | 1971 | 2000 |
| Papier drukowy i do pisania 60 g/m ² | 5 - 8 | 6 - 8 | 700-800 | 1200-1400 | 50 - 65 | 95-110 |
| Papier gazetowy 52 g/m ² | 6 - 9 | 8-10 | 800-900 | 1500-1700 | 55 - 60 | 100-115 |
| Papiery sanitarne 18 g/m ² | 3 - 5 | 4 - 6 | 1200-1500 | 1800-2000 | 25 - 35 | 40-50 |
| Karton 300 g/m ² wielowarstwowe | 4 - 5 | 6 - 8 | 200-300 | 500-600 | 80-100 | 190-230 |

W nowoczesnych maszynach do produkcji papieru gazetowego osiąga się dziś produkcję 15-17 tys. ton na rok z jednego metra szerokości roboczej, tj. około 100 tys. ton z jednej maszyny papierniczej. Maszyny tego typu są wyposażone w nowoczesną aparaturę kontrolno-pomiarową, a koszt jednej maszyny oscyluje w granicach około 50 mln dolarów [4].

Nowoczesny celulozowo-papierniczy zakład produkcyjny zakupiony z importu kosztuje ponad 500 mln dolarów. W obecnej sytuacji gospodarczej nie można sobie pozwolić na przyjęcie zwiększenia produkcji na drodze zakupu licencji oraz zakładów z importu. Większość posiadanego parku maszynowego jest pochodzenia zagranicznego, co wynosi około 65% [3]. Główną uwagę należy więc zwrócić na problem modernizacji oraz właściwej eksploatacji parku maszynowego rozumiany w pełnym tego słowa znaczeniu, szczególnie jeżeli weźmie się pod uwagę fakt, iż wartość urządzeń przekracza 3 mld dolarów.

Problem modernizacji oraz poprawy eksploatacji urasta więc do dużego rozmiaru i podstawową sprawą jest poprawa stanu maszyn papierniczych dla przywrócenia im nominalnych zdolności produkcyjnych. Jako pilną potrzebę potraktować należy modernizację maszyn papierniczych w Skolwinie, Krapkowicach, Kluczach, we Włocławku oraz w Myszkowie. Zagadnienie modernizacji i eksploatacji nabiera szczególnego znaczenia jeżeli zważywszy, iż obecna wydajność maszyn papierniczych kształtuje się w zakresie 70-95% zależnie od typu i rodzaju maszyny, w stosunku do wydajności ofertowej.

Straty wartości produkcji spowodowane jednogodzinnym postojem maszyny znajdują się w zakresie 50-200 tys. złotych. W stosunku rocznym straty wartości produkcji osiągały 20-80 mln złotych z tytułu postojów jednej maszyny papierniczej.

W skali krajowej w wyniku niewłaściwej gospodarki eksploatacyjnej straty produkcyjne osiągają około 1 mld złotych. Ponadto jeżeli dodać oszczędności rządu 500 mln złotych, które możnaby uzyskać w wyniku bardziej racjonalnej gospodarki remontowej częściami zamiennymi stwierdzimy, że udoskonalenie użytkowania, odnowy oraz poprawy niezawodności maszyn może przynieść olbrzymie korzyści ekonomiczne.

Mając na uwadze wysoki stopień zautomatyzowania oraz zmechanizowania nowoczesnych urządzeń i systemów technicznych w przemyśle celulozowo-papierniczym oraz dynamiczny rozwój techniki w tym zakresie, nieodzownym staje się zapewnienie wysokokwalifikowanych kadr eksploataatorów dla podniesienia racjonalnej gospodarki parkiem maszynowym.

3. Kadry techniczne w przemyśle papierniczym

W polityce zatrudnienia przemysłu celulozowo-papierniczego zasadniczy kierunek działania powinien polegać na jakościowym wzmocnieniu kadry już pracującej oraz dopływie kadr o kwalifikacjach niezbędnych dla zapewnienia wymaganej kultury użytkowania i obsługi maszyn.

Porównując udział pracowników wykwalifikowanych w przemyśle papierniczym /p/ do zatrudnionych w przemyśle społecznym ogółem /o/, uzyskujemy w ujęciu procentowym następujące wielkości [5]:

| | |
|--|----------------------------|
| - z wyższym wykształceniem | - o - 2,9 % p - 2,7 % |
| - z wykształceniem średnim zawodowym | - o - 12,4 % p - 10,5 % |
| - z wykształceniem średnim ogólnokształcącym | - o - 3,7 % p - 3,4 % |
| - z wykształceniem zasadniczym zawodowym | - o - 27,8 % p - 22,7 % |

Wynika z tego, że jeśli chodzi o zatrudnienie kadr wykwalifikowanych przemysł celulozowo-papierniczy znajduje się poniżej średniej krajowej.

Charakter przemysłu celulozowo-papierniczego - bardzo wysokie techniczne uzbrojenie, które wynosi ponad 3 mln złotych na jednego pracownika

w nowoczesnym zakładzie, stawia bardzo wysokie wymagania załodze użytkującej i obsługującej skomplikowane urządzenia i systemy.

Stan zatrudnienia w przemyśle celulozowo-papierniczym w Polsce na dzień 31.12.1978 roku kształtował się na poziomie 53 315 osób, w tym przedsiębiorstwa produkcyjne 48 308 osób, a przedsiębiorstwa zaplecza remontowo-montażowego 2 742 osoby. Struktura zatrudnienia w rozbiu na poszczególne zakłady w Polsce podana została w [6].

Tabela 4

Stan zatrudnienia oraz struktura społeczno-zawodowa kadry pracującej w przemyśle celulozowo-papierniczym

| Lp | Przedsiębiorstwo | Zatrudnienie | | | Wykształcenie zatrudnionych w % | | | | |
|----|------------------|--------------|----------|------------------|---------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | | ogółem | % kobiet | % osób do 45 lat | wyższe | średnie zawodowe | średnio-ogólnokształcące | zasadnicze zawodowe | ogółem kadry wykwalifikowanej |
| 1 | Bardo | 1275 | 43,0 | 58,5 | 1,0 | 5,8 | 5,3 | 18,4 | 30,5 |
| 2 | Hydgoszcz | 878 | 49,4 | 69,5 | 1,9 | 8,6 | 2,2 | 17,0 | 29,7 |
| 3 | Bystrzyca | 613 | 47,3 | 76,5 | 2,8 | 8,8 | 7,1 | 21,7 | 40,4 |
| 4 | Cieszyn | 259 | 64,5 | 75,3 | 1,5 | 9,3 | 5,3 | 19,7 | 35,9 |
| 5 | Częstochowa | 877 | 71,5 | 90,4 | 3,0 | 14,6 | 3,4 | 18,1 | 30,1 |
| 6 | Dolnośląskie | 1241 | 54,5 | 77,0 | 2,2 | 8,9 | 5,9 | 23,9 | 40,9 |
| 7 | Gdańsk | 734 | 69,5 | 53,5 | 1,4 | 7,2 | 6,1 | 20,3 | 35,0 |
| 8 | Głuchota | 1327 | 40,8 | 57,0 | 1,4 | 7,4 | 2,8 | 14,2 | 25,8 |
| 9 | Gnaszyn | 519 | 52,8 | 69,7 | 4,4 | 15,6 | 2,7 | 21,0 | 44,7 |
| 10 | Kalety | 1701 | 42,0 | 65,7 | 1,3 | 8,3 | 3,2 | 28,0 | 40,8 |
| 11 | Karkonoskie | 2734 | 55,0 | 58,0 | 1,4 | 7,3 | 3,6 | 15,0 | 27,3 |
| 12 | Kielce | 1850 | 54,5 | 89,7 | 3,4 | 15,4 | 3,9 | 26,7 | 49,4 |
| 13 | Klucze | 1973 | 45,3 | 60,1 | 1,8 | 12,7 | 1,7 | 18,6 | 34,8 |
| 14 | Kostrzyn | 3019 | 38,6 | 63,1 | 2,0 | 12,8 | 7,4 | 28,4 | 50,6 |
| 15 | Kraków | 1100 | 71,4 | 52,0 | 1,6 | 7,0 | 3,9 | 12,9 | 25,4 |
| 16 | Krakowice | 2079 | 37,2 | 65,5 | 2,4 | 10,0 | 2,4 | 23,2 | 39,0 |
| 17 | Łódź | 1342 | 45,6 | 64,9 | 1,9 | 10,6 | 2,9 | 15,3 | 30,8 |
| 18 | Myszków | 2947 | 42,5 | 63,2 | 2,2 | 11,2 | 3,5 | 18,2 | 35,1 |
| 19 | Niedzica | 1523 | 32,1 | 58,8 | 2,9 | 9,5 | 4,4 | 33,1 | 49,9 |
| 20 | Ostrołęka | 2756 | 37,8 | 78,7 | 1,8 | 15,2 | 1,7 | 31,5 | 50,2 |
| 21 | Poznań | 1783 | 53,3 | 67,2 | 1,8 | 9,1 | 4,3 | 19,6 | 35,8 |
| 22 | Pruszków | 1040 | 55,2 | 60,7 | 1,4 | 7,2 | 3,9 | 16,2 | 28,7 |
| 23 | Szczecin | 1989 | 46,2 | 79,3 | 2,6 | 10,6 | 3,2 | 21,0 | 37,6 |
| 24 | Lwidz | 1336 | 19,8 | 32,8 | 10,8 | 33,9 | 9,2 | 27,2 | 61,1 |
| 25 | Świecie | 4159 | 34,7 | 68,6 | 3,0 | 14,1 | 5,9 | 37,5 | 60,5 |
| 26 | Śląskie | 1248 | 56,7 | 63,1 | 1,3 | 9,4 | 3,8 | 21,5 | 37,0 |
| 27 | Warszawa | 2221 | 41,2 | 60,7 | 1,8 | 11,7 | 1,9 | 17,3 | 32,7 |
| 28 | Wrocław | 2374 | 32,5 | 48,9 | 2,2 | 12,5 | 3,1 | 13,7 | 31,5 |
| 29 | Wrocław | 1100 | 74,2 | 65,6 | 1,7 | 7,5 | 3,5 | 13,2 | 26,1 |
| 30 | Zwicz | 2037 | 44,7 | 64,7 | 0,7 | 10,7 | 2,9 | 24,3 | 39,6 |
| 31 | ZM Krapkowice | 1357 | 11,9 | 31,7 | 2,0 | 18,1 | 1,1 | 45,5 | 66,7 |
| 32 | ZM Poznań | 908 | 13,8 | 76,1 | 3,4 | 13,0 | 2,8 | 62,1 | 81,3 |
| 33 | CEIPP | 477 | 32,5 | 64,6 | 21,0 | 36,7 | 6,4 | 18,7 | 82,8 |
| 34 | ESIPP | 428 | 36,2 | 58,6 | 43,4 | 32,5 | 8,2 | 3,0 | 87,1 |
| 35 | ICP | 252 | 61,5 | 65,1 | 35,7 | 33,3 | 3,6 | 3,6 | 76,2 |
| 36 | Centrale ZPP | 249 | 52,2 | 48,6 | 37,3 | 33,3 | 14,5 | 2,0 | 87,1 |
| | | 53315 | 44,1 | 66,5 | 3,1 | 12,3 | 4,0 | 23,4 | 42,3 |

Dane dotyczące zatrudnienia pracowników posiadających wykształcenie wyższe uzyskano w poszczególnych uczelniach [6]

Tabela 5

Wykaz zatrudnionych absolwentów z poszczególnych uczelni

| Miejsce naboru | Ilość | % |
|---------------------------------|-------|------|
| Ogółem zatrudnienie absolwentów | 443 | 100 |
| - w tym kobiety | 104 | 23,7 |
| Absolwenci PE | 306 | 69,1 |
| technologia celulozy i papieru | 141 | 31,8 |
| - w tym kobiety | 62 | 14,1 |
| maszyny papiernicze | 165 | 37,3 |
| - w tym kobiety | 1 | 0,2 |
| Absolwenci ATR | 57 | 12,8 |
| - w tym kobiety | 20 | 4,6 |
| Absolwenci AR | 80 | 18,1 |
| - w tym kobiety | 21 | 4,8 |

W uzupełnieniu do tabeli 5 podaje się, iż 3 ośrodki naukowe kształcą kadry, a mianowicie:

- Politechnika Łódzka,
- Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy,
- Akademia Rolnicza w Poznaniu.

Żaden z tych ośrodków nie kształci inżynierów z zakresu eksploatacji maszyn i urządzeń przemysłu celulozowo-papierniczego.

Brak więc wykwalifikowanych kadr posiadających ogólne podstawy eksploatacji oraz racjonalnej gospodarki remontowej w zakresie maszyn przemysłu celulozowo-papierniczego oraz olbrzymie straty /miliardowe/ w przemyśle celulozowo-papierniczym z powodu nieracjonalnej gospodarki stanowią ścisłą zależność, która w obecnej sytuacji gospodarczej musi ulec poprawie. Z tego względu rola i potrzeba kształcenia kadr eksploatorów na poziomie akademickim dla przemysłu celulozowo-papierniczego stanowi zagadnienie pierwszoplanowe.

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy od 3 lat realizuje prace badawcze mające na celu optymalizację eksploatacji maszyn papierniczych, przy czym pierwsze z tych prac są wykonywane dla największych Zakładów Celulozy i Papieru w Świeciu n/W. W ślad za tym winno nastąpić szkolenie kadr inżynierów eksploatorów, jak również uruchomienie studiów uzupełniających dla inżynierów ze szczególnym zwróceniem uwagi na teorię eksploatacji i jej zastosowanie w przemyśle celulozowo-papierniczym.

Rozszerzona współpraca z Sekcją Podstaw Eksploatacji Maszyn Polskiej Akademii Nauk oraz Oddziałem Sekcji Eksploatacji Naczelnej Organizacji

Technicznej stanowić będzie niewątpliwie właściwą drogę do poprawy gospodarki parkiem maszynowym i poważnego zmniejszenia miliardowych strat w przemyśle celulozowo-papierniczym.

Uzyskanie zamierzonych planów produkcyjnych w przemyśle celulozowo-papierniczym oraz utrzymanie ich według założonych potrzeb na przełomie lat 1980-90 będzie możliwe przy spełnieniu warunku wprowadzenia do całości kształtu struktury organizacyjnej przemysłu celulozowo-papierniczego eksploatacji w teorii i praktyce.

Literatura

- [1] Libiszowski S.: Na przykładzie RFN. Przegląd Papierniczy nr 8, 1977 s.312
- [2] Narada Aktywu SiTPP. Przegląd Papierniczy nr 6, 1978, s.239
- [3] Olejniczak I.: Kierunki rozwoju przemysłu papierniczego w Polsce. Przegląd Papierniczy nr 8, 1980, s.284
- [4] Stark H.: Technologiczne i mechaniczne granice podnoszenia maszyn papierniczych i kartonowych. Przegląd Papierniczy nr 6, 1978, s.213
- [5] Szałamacha R.: Gospodarka remontowa w przemyśle papierniczym. Przegląd Papierniczy nr 5, 1977, s.191
- [6] Ziniewicz T.: Stan przygotowania kadr kwalifikowanych w przemyśle papierniczym. Przegląd Papierniczy nr 10, 1979, s.374

SIGNIFICANCE AND NECESSITY OF TRAINING USERS OF MACHINES AND EQUIPMENT IN PAPER INDUSTRY

Summary

The paper presents a development of paper and card-board production in this country and abroad as well as constructing machines and equipment for the pulp and paper industry.

There has been shown the role and significance of the qualified engineer staff in the operation of machines in this industrial branch under the country's present economic conditions.

There has been justified the need for making a specialization in the field of machines operation in the pulp and paper industry at one of the technical universities in Poland.

РОЛЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ ОБУЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННИКОВ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

В статье представлено развитие производства бумаги и картона в стране и за границей, а также производство машин и устройств для целлюлозно-бумажной промышленности.

Показана роль и значение квалифицированных инженерных кадров в эксплуатации этой отрасли промышленности в настоящем хозяйственном положении страны.

Подчеркнута необходимость создания специальностей в области эксплуатации машин целлюлозно-бумажной промышленности в одном из вузов в Польше.

Maciej Kłyszewski

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA SILNIKA WIELOPALIWOWEGO W ROLNICTWIE

W artykule dokonano przeglądu aktualnego stanu prac w zakresie możliwości zastosowania wielu paliw, zarówno naftowych jak i nienaftowych do zasilania silników spalinowych o zapłonie iskrowym oraz samoczynnym. Szczególną uwagę zwrócono na zastosowanie tych paliw w silnikach spalinowych stosowanych w pojazdach rolniczych.

Poszukiwanie nowych paliw dla tłokowych silników spalinowych jak i realizacja idei wielopaliwowego zasilania tych silników trwa nie od dziś. Niemalże od podstaw rozwoju motoryzacji prowadzono badania w celu uzyskania możliwie najlepszego paliwa dla silników spalinowych.

Jeszcze około 50 lat temu, na ówczesnym etapie rozwoju, silnik spalinowy nie wymagał stosowania paliwa o wysokiej jakości, co czyniło go silnikiem wielopaliwowym. Ze względu na niski na ogół stopień sprężania można było używać różnych gatunków paliw ciekłych nie wyłączając nafty oświetleniowej. Były to w zdecydowanej większości silniki z zapłonem iskrowym. Silniki wysokoprężne nastroczały jeszcze badaczom i konstruktorom wiele trudności, wynikających z braku dostatecznej wiedzy o procesach tworzenia mieszanki paliwowo-powietrznej i teorii spalania. Wysokie ciśnienie spalania i uderzeniowy charakter przyrostu ciśnienia w połączeniu z mało wytrzymałymi materiałami dawało niezadowolającą trwałość i niezawodność.

Kompromisowym rozwiązaniem między silnikami o zapłonie iskrowym i samoczynnym była konstrukcja silnika wtryskowego o zapłonie iskrowym, zwane go silnikiem Hesselmana. Mógł on pracować na różnych paliwach ciekłych, jak np.: olej napędowy, nafta, czy niskooktanowe benzyny, ale równocześnie cechowało go duże zużycie paliwa.

Dalsze badania rozwojowe silników spalinowych pozwoliły na osiągnięcie zwiększenia ich mocy jednostkowej /z dm^3 / i sprawności ogólnej, ale bardziej wysilone silniki stawały równocześnie większe wymagania w stosunku do paliwa.

W silnikach z zapłonem samoczynnym poprawiono miękkość biegu oraz zastosowano bardziej wytrzymałe materiały łożyskowe. Wydłużyło to ich okres eksploatacji i pozwoliło na zwiększenie szybkobieżności. Zaostrzyły się jednak wymagania co do paliwa, które musiało wykazywać zwiększoną zdolność do samozapłonu, wyrażoną wysoką liczbą cetanową.

W silnikach z zapłonem iskrowym powiększono znacznie stopień sprężania, który zaczął przybierać wartości 7,5+10, w silnikach wyczynowych nawet do 12, co z kolei zwiększyło wymagania stawiane paliwom pod względem odporności na spalanie stukowe, wyrażonej liczbą oktanową.

Jak wynika z zależności prof. Wilkego między liczbą cetanową /LC/ i liczbą oktanową /LO/ paliwa:

$$LC = 60 - 0,5 LO$$

jego zdolność do samozapłonu jest własnością przeciwstawną odporności antydetonacyjnej, co wyklucza wymiennosc paliw silników ZI i ZS.

Tak więc tłokowe silniki spalinowe w miarę rozwoju odeszły niejako od wielopaliwowości. Fakt ten nie stanowił problemu dla motoryzacji cywilnej, jednak sfery militarne dążyły do skierowania badań silnikowych na nowy etap. Celem dociekań i badań było uzyskanie własności wielopaliwowych dla tych nowych - wysilonych silników. Z wojskowo-taktycznego punktu widzenia dążenia takie są w pełni uzasadnione.

Z początkiem lat 50-tych silniki spalinowe rozpoczęły etap zwany wielopaliwowym. Jeszcze do niedawna pod pojęciem wielopaliwowości trakcyjnego silnika spalinowego rozumiano możliwość jego zasilania wszelkiego rodzaju handlowymi paliwami ciekłymi, od oleju napędowego począwszy, aż po wysoko-oktanowe benzyny włącznie.

Omawiana gama paliw oparta jest jedynie na produktach destylacji ropy naftowej. Należy liczyć się z tym, że zapasy ropy na kuli ziemskiej są ograniczone. Nie stoimy jeszcze przed bezpośrednią groźbą ich wyczerpania zważywszy, że coraz to nowe złoża są w dalszym ciągu odkrywano, ale w wyniku wzrostu zużycia tworzy się pewien niepokój. Według wyliczeń, biorąc pod uwagę aktualnie znane złoża przewiduje się, że ropy wystarczy jeszcze na kilkadziesiąt lat, ale pamiętać należy, iż przy opracowywaniu takich danych szacunkowych popełnia się zwykle duży błąd. Również w latach dwudziestych naszego wieku nie przewidziano tak wielkiej eksplozji motoryzacji. Dodatkowo na niepokój składa się fakt przyjęcia kiedyś przez wiele wysoko rozwiniętych państw zachodnich błędnej polityki gospodarczej. Błąd polegał na oparciu przemysłu energetycznego na ropie naftowej.

Wiadomo, że w warunkach stacjonarnych łatwiej można zastosować paliwa w innym stanie skupienia niż ciekły, który jest zdecydowanie najwygodniejszy do zasilania silników trakcyjnych. Wobec takiej sytuacji poszukuje się nowych substancji, mogących służyć jako paliwa silnikowe, dlatego dotychczasowy sens wielopaliwowości uległ zmianie. Obecnie istotną będzie możliwość zasilania silnika spalinowego zarówno paliwami naftowymi, jak i pochodzącymi z innych źródeł. Paliwa nienaftowe, które ponownie zwróciły uwagę konstruktorów to:

- gaz ziemny,
- gaz koksowniczy,
- gaz ciekły /propan - butan/,
- wodór,

- alkohole /metanol, etanol/,
- MTBE /eter metylowo-IIIrząd. butylowy/
- biogaz.

Poniższe tabele przedstawiają zestawienia charakterystycznych właściwości fizykochemicznych benzyny i kilku paliw niekonwencjonalnych.

Tabela 1

Właściwości fizykochemiczne paliw ciekłych

| | Wartość opałowa kJ/kg | Temperatura wrzenia °C | Ciepło parowania kJ/kg | Stechiometryczne zapotrzebowanie powietrza kg/kg | Liczba oktanowa |
|---------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---|-----------------|
| Benzyna | 43 284 | 43/ 171 | 328 | 15,1 : 1 | 91 |
| Propan | 52 238 | -42,1 | 485 | 15,8 : 1 | 99,3 |
| Butan | 51 624 | -0,6 | 438 | 15,5 : 1 | 92 |
| Metanol | 19 945 | 65 | 1100 | 6,4 : 1 | 92 |
| MTBE | 35 000 | 55 | 321 | 11,7 | 101 |

Tabela 2

Właściwości fizykochemiczne paliw gazowych

| | Wartość opałowa kJ/m ³ | Liczba oktanowa | Ilość benzyny równoważna 1 m ³ gazu |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------|--|
| Gaz ziemny | 38 571 + 47 619 | 91 + 102 | 0,78 + 0,95 |
| Gaz koksowniczy | 19 048 + 21 904 | 80 | 0,39 + 0,41 |
| Gaz miejski | 19 048 + 20 165 | 80 | 0,38 + 0,40 |

Jeżeli chodzi o paliwa nienaftowe to zainteresowanie badaczy obejmowało problematykę jednopaliwowego zasilania silników spalinowych, jak i zastosowania kilku z nich alternatywnie. Poza tym nowe paliwa powinny być zastosowane zarówno w silnikach ZI jak i ZS.

Z punktu widzenia wskaźników pracy silnika spośród całej gamy paliw należy wybrać takie, które pozwalają na osiągnięcie przez silnik parametrów zbliżonych do rozwijanych przy zastosowaniu benzyny czy oleju napędowego.

Biorąc pod uwagę ekonomikę produkcji i eksploatacji silnika, a nawet całego pojazdu interesować nas będą takie koncepcje, które w jak najmniejszym stopniu skomplikują konstrukcję dotychczasowych rozwiązań.

Przeglądając własności paliw podane w tabelach widać, że większe perspektywy istnieją przed silnikiem z zapłonem iskrowym, ponieważ paliwa powyższe mają wysoką liczbę oktanową.

Ważnym czynnikiem brany pod uwagę przy doborze paliw zastępczych jest wartość opałowa /W/, gdyż w znacznej mierze od niej zależy kształtowanie się parametrów roboczych silnika.

Na uwagę zasługuje gaz ciekły /mieszanka propan-butan/, który parametrami przewyższa stosowaną w silnikach ZI benzynę. Parametrami tymi są: wartość opałowa, liczba oktanowa i ciepło parowania. Dzięki łatwości skroplenia propanu i butanu oraz przechowywania w tym stanie skupienia, uproszczony zostaje problem stosowania tego paliwa w silnikach trakcyjnych. Przechowywać go można w cienkościennych pojemnikach, odpornych na ciśnienie do 2,5 MPa. Toksyczność gazów spalinowych pochodzących z gazu płynnego jest bardzo mała, co eliminuje konieczność specjalnej filtracji. Niektóre firmy i ośrodki naukowo-badawcze prowadziły badania nad zasilaniem silnika ZI powyższym paliwem, względnie alternatywnie benzyną i mieszanką propan-butan.

Z kolei w firmie Saurer dokonano przeróbki silnika ZS na ZI w celu zrealizowania możliwości zasilania go gazem ciekłym, a mianowicie:

- obniżenie stopnia sprężania;
- zmianę komory spalania;
- zastosowanie nowego układu zasilania /odparowувacz, reduktor, mieszalnik/;
- zabudowanie świec zapłonowych w miejsce wtryskiwaczy;
- zastosowanie elektronicznego układu zapłonowego w miejsce pompy wtryskowej.

Wyniki tej próby w czasie badań były zadowalające, podobnie jak doświadczenia z silnikiem ZI.

Bardziej kłopotliwe jest stosowanie gazów sprężonych do zasilania silników. Zaliczamy do nich: gaz ziemny, koksowniczy, świetlny, rafineryjny itp. Stwarzają one konieczność stosowania ciężkich butli wysokociśnieniowych i dodatkowego wyposażenia typu: reduktory, urządzenia pomiarowe itp. Poza tym w przypadku powszechnego stosowania gazów sprężonych istniałaby konieczność budowy sieci stacji zaopatrzenia w paliwo gazowe, wyposażonych w kosztowne urządzenia do wysokiego sprężania. Ogromną wadą zasilania gazami sprężonymi jest zagrożenie w czasie wypadku drogowego.

Zważywszy fakt, że tylko gaz ziemny i rafineryjny mają wartość opałową porównywalną z benzyną /inne - poniżej 50% wartości opałowej benzyny/ stosowanie gazów sprężonych jest mało opłacalne.

Zalety paliw gazowych to:

- zdolność łatwego rozruchu silników nawet w niskich temperaturach,
- równomierny rozdział i dopływ mieszanki do wszystkich cylindrów,
- wyeliminowanie rozcieńczania oleju silnikowego paliwem,
- spalanie beznagarowe i bezwonne,
- obniżenie toksyczności spalin,
- wysoka liczba oktanowa.

Paliwem gazowym, wartym odrębnego omówienia jest wodór, nad którego zastosowaniem badania zostały kiedyś zarzucone ze względu na trudności z przewożeniem i przechowywaniem. Przechowywanie w stanie ciekłym związane jest z ochładzaniem do temperatury poniżej 20 K. W stanie sprężonym istnieje niebezpieczeństwo wybuchu. Dopiero metoda przechowywania wodoru w postaci wodoroków metali /np. magnezu/ stwarza realną możliwość stosowania go jako paliwa silnikowego. Do zasadniczych wad wodoru jako paliwa należą:

- zbyt wysokie ciśnienie spalania;
- duża szybkość przyrostu ciśnienia;
- powodowanie przyspieszonej korozji części silnika.

Pierwsze dwie wady można wyeliminować przez właściwy dobór współczynnika nadmiaru powietrza [6]. Przyspieszona korozja wiąże się z oddziaływaniem dużej ilości pary wodnej, będącej produktem spalania wodoru i samego pierwiastka na powierzchnie metalowe, np. gładzie cylindrów, wewnętrzne powierzchnie elementów układu wydechowego.

Badania przeprowadzone przez zakłady Daimler-Benz wykazały, że przy obecnym stanie rozwoju techniki jest możliwe zastosowanie wodoru jako paliwa silnikowego do autobusów miejskich, samochodów dostawczych i innych pojazdów wykonujących przebiegi dzienne rzędu 300 + 400 km. Silniki ZI mogą być zasilane wodorem praktycznie bez zmian konstrukcyjnych, z wyjątkiem układu zasilania.

Obliczenia przeprowadzone nad zastosowaniem wodoru jako paliwa dla potrzeb komunikacji miejskiej w Stuttgarcie /RFN/ wykazały, że 300 autobusów miejskich, wykazujących przebiegi dzienne 200 km pozwala na zaoszczędzenie rocznie ok. 4,4 mln dm^3 oleju napędowego, a ciepło wyzwolone w procesie napełniania zasobników wodorem, które może być wykorzystane np. w ciepłownictwie, ok. 2 mln dm^3 . Jest to przykład oszczędności, jakie przynosi stosowanie wodoru do napędu silników [11].

Obecnie wiele mówi się o wykorzystaniu alkoholi jako paliwa silnikowego, a ich własności zasługują na szersze omówienie. Metanol jako paliwo znany był już w czasie II-ej wojny światowej, kiedy to z powodu braku paliw konwencjonalnych stosowany był zastępczo do silników z zapłonem iskrowym. Dzisiejsze zwiększone zainteresowanie alkoholami wynika ze znacznie mniejszej toksyczności, a zasadniczą zaletą, w dobie kryzysów energetycznych, jest możliwość otrzymywania ich z innych źródeł, niezależnych od ropy naftowej.

Alkohole mogą być stosowane w formie dodatków przeciwstukowych do benzyny, ostatnio jednak prowadzi się badania nad zastosowaniem ich jako paliw zasadniczych. Metanol i etanol były używane jako paliwa do silników pojazdów wyczynowych ze względu na wysoką liczbę oktanową i zachowanie przez silnik zadowalających wskaźników pracy, np. pojemnościowego wskaźnika mocy.

Badania ostatnich lat wykazały, że silnik spalinowy ZI zasilany metanolem wykazał wzrost średniego ciśnienia efektywnego / p_e / w porównaniu z zasilaniem benzynowym o 13 + 22 %. Określeniem przyczyn tego zjawiska zaj-

mowało się kilku badaczy. Pierwszy swoje doświadczenia opublikował H.R. Ricardo, który wysunął hipotezę, że przyczyną wzrostu mocy silników zasilanych metanolem są:

- wzrost stopnia napełnienia silników spowodowany obniżeniem temperatury ładunku napływającego do cylindra;
- zmniejszenie pracy sprężania wskutek bardziej intensywnego w porównaniu z benzyną ochładzania ładunku cylindra przez parujący metanol;
- wzrost sprawności indykowanej silnika zasilanego metanolem wywołany zmniejszeniem ilości ciepła odprowadzonego do ścianek komory spalania i wartości ciepła właściwych czynnika roboczego, wskutek obniżania zarówno szczytowych jak i średnich temperatur obiegu.

Nieco inne stanowisko zajęli E.S. Starkman, H.K. Newhall i R.D. Sutton którzy twierdzą, że przyczyną wzrostu mocy są:

- wyższa wartość współczynnika zmiany liczby moli świeżego ładunku dla mieszanki metanolu z powietrzem;
- mniejsza praca sprężania ładunku cylindra;

natomiast wpływ wielkości stopnia napełnienia uznają za pomijalny.

Brak dostatecznego materiału badawczego, mogącego udowodnić postawione tezy, był przyczyną podjęcia przez R. Sobotowskiego z Instytutu Technologii Nafty próby wyjaśnienia zjawiska wzrostu mocy silników ZI zasilanych metanolem.

Badania przeprowadzone na jednocylindrowym silniku 1T9-1 potwierdziły omawiane zjawisko, ale równocześnie podważyły hipotezy wyżej przedstawione. Pomiar natężenia przepływu powietrza zasysanego przez silnik obalił pogląd o istotnym wpływie metanolu na sprawność napełnienia cylindrów. Indykowanie silnika nie potwierdziło wpływu metanolu na pracę sprężania, natomiast dowodzi występowania wyższych ciśnień w czasie suwu pracy. Zjawisko to wymaga dalszych badań [3, 4, 6, 10, 12, 13].

Dokonano również próby zasilania silnika ZS metanolem. Zasadnicza trudność zaistniała wskutek małej zdolności tego paliwa do samozapłonu /wysoka liczba oktanowa/. Pomimo tego paliwo to może być sprawnie spalane w silniku ZS, pod warunkiem zmodyfikowania paliwa lub silnika. Paliwo można modyfikować przez dodanie środków ułatwiających samozapłon, np. kerobrisol, azotan amylowy, azotyn etylowy itp. Zmiany w silniku mają na celu podwyższenie temperatury końca sprężania, co można osiągnąć przez zwiększenie stopnia sprężania, podgrzewanie powietrza zasysanego, a także recyrkulację spalin. Metody te powodują jednak niekorzystny przebieg spalania /twarda praca, wysokie ciśnienie szczytowe spalania, zwiększona hałaśliwość/ [15].

Istnieją również systemy spalania w silnikach ZS, np. system MAN-EB /omówiony w dalszej części/ pozwalający na zasilanie metanolem. Otrzymujemy wzrost mocy /wynik przesunięcia granicy dymienia/ i wzrost sprawności w zakresie pełnego obciążenia.

Opracowano także rozwiązanie pośrednie, w którym paliwem głównym jest metanol, a w celu wymuszenia zapłonu wtryskiwana jest dawka zapłonowa oleju napędowego. Jej wielkość wynosi ok. 5% dawki metanolu. Rozwiązanie to, dość

skuteczne, zwiększa jednak koszt wytwarzania silnika, gdyż cały układ zasilania musi być podwojony /układ wtryskowy alkoholu i wody/.

Rozpatrując szereg zalet alkoholi do zasilania silników spalinowych należy przebadać ich wpływ na materiały pojazdów. Szczególnie narażone na oddziaływanie metanolu są powłoki lakiernicze i powierzchnie metali charakteryzujących się pasywacją, takich jak: glin, cynk, cyna, ołów [4].

Jedną z zasadniczych zalet alkoholi jest możliwość otrzymywania i masowej produkcji na drodze chemicznej przeróbki węgla oraz przez fermentację biomasy. Zwłaszcza ta druga metoda ma przyszłość ze względu na możliwość odtwarzalności masy paliwowej bez uzależnienia od eksploatacji złóż. Produkt uboczny po fermentacji alkoholowej może być jeszcze wykorzystany jako nawóz rolniczy.

W związku z możliwością produkcji alkoholi z biomasy i wykorzystania produktów ubocznych nadają się one doskonale jako źródła energii w rolnictwie, a przede wszystkim jako paliwo do silników spalinowych, zarówno trakcyjnych, stosowanych w pojazdach i niektórych samobieżnych maszynach rolniczych, jak i stacjonarnych napędzających pompy sprężarki, agregaty prądotwórcze i inne.

Substancją, która znana jest od około ośmiu lat w Europie Zachodniej jako dodatek przeciwstukowy do benzyn jest MTBE /Metyl Tertiary Butyl Ether/, czyli eter metylowo-III rzęd. butylowy/. W Stanach Zjednoczonych podjęto badania możliwości zastosowania MTBE jako przyszłościowego paliwa motoryzacyjnego. Poza bardzo korzystnymi parametrami fizykochemicznymi /tab.1/ zasadniczą zaletą tego paliwa jest możliwość otrzymania go z chemicznej przeróbki węgla.

Ostatnią pozycją omawianych w tym opracowaniu paliw nienaftowych jest biogaz, który w przyszłości może stać się jednym z głównych źródeł energetycznych w rolnictwie. Instytut Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Krakowskiej jest w trakcie badań nad celowością wykorzystania biogazu do zasilania silników spalinowych.

Otrzymywanie biogazu następuje w komorach fermentacyjnych, gdzie procesowi fermentacji poddaje się obornik i wszelkiego rodzaju odpady roślinne. Przy zastosowaniu katalizatorów zwiększających wydajność procesu, wzbogacając produkty fermentacji w metan można by z ekonomicznego rachunku stosować biogaz na szerszą skalę, zarówno do napędu silników spalinowych /przede wszystkim stacjonarnych/ jak i do celów ogrzewczych.

Wykorzystanie biogazu powinno interesować w pierwszym rzędzie rolnictwo, zważywszy zarówno proces jego wytwarzania, jak i wykorzystanie. Napędzanie np. agregatów prądotwórczych silnikami zasilanymi tym paliwem pozwoliłoby zaspokoić znaczną część zapotrzebowania gospodarstwa rolnego w energię elektryczną. Wiedzieć należy również, że pozostała część po fermentacji doskonale nadaje się jako nawóz glebowy. Wykorzystanie biogazu może stać się dużą rezerwą taniej energii w dzisiejszej dobie kryzysów energetycznych i poszukiwania niekonwencjonalnych źródeł energii.

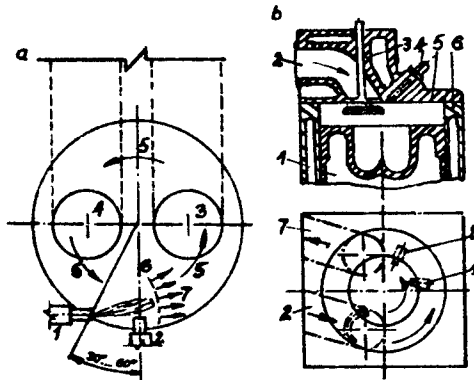
Systemy wielopaliwowe mogą być wykorzystane zarówno w silnikach z zapłonem iskrowym jak i samoczynnym.

Współczesne silniki ZI wymagają stosowania paliw o dużej odporności przeciwstukowej, ze względu na wspomniane już wysokie wartości stopnia sprężania. Zasilanie tego rodzaju silników w klasycznym rozwiązaniu, np. naftą lotniczą lub olejem napędowym jest niedopuszczalne ze względu na dużą intensywność spalania detonacyjnego. Mniejsza groźba takiego spalania zachodzi przy zasilaniu paliwami nienaftowymi, omawianymi powyżej, ponieważ liczba oktanowa /MM/ większości z nich przekracza 90.

Dodatkowo należy wziąć pod uwagę, że w przypadku paliw o krzywej destylacji znacznie odmiennie od benzyny, tworzenie mieszanki paliwo-powietrznej stanie się utrudnione i spowoduje zakłócenia pracy silnika. Wobec powyższego koniecznością będzie zastosowanie kosztownego układu wtryskowego w miejsce tańszego gaźnika.

Realizacja silnika wielopaliwowego o zapłonie iskrowym wymagać będzie sterowania procesem spalania, w celu stworzenia warunków uniemożliwiających rozprzestrzenianie się płomienia na całość, względnie na większą część ładunku komory spalania /szybkie rozprzestrzenianie się płomienia jest istotą spalania stukowego/. Osiągnięcie tego możliwe jest przez zastosowanie tzw. uwarstwienia ładunku.

System ten polega na zapewnieniu takiego wzajemnego ruchu powietrza w komorze spalania i wtryskiwanego paliwa, aby mieszanka o składzie zbliżonym do stechiometrycznego powstała w niewielkiej części tej komory. Wymagane uwarstwienie ładunku uzyskuje się dzięki silnemu zawirowaniu ładunku i właściwemu rozmieszczeniu wtryskiwacza i świecy zapłonowej. Typowym reprezentantem tego rozwiązania jest system TEXACO COMBUSTION PROCESS.



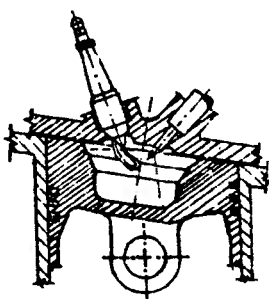
Rys.1. System TEXACO

- a/ zasada działania: 1 - wtryskiwacz, 2 - świeca zapłonowa, 3 - zawór dolotowy, 5 - kierunek zawirowania ładunku, 6 - stojący front płomienia, 7 - kierunek przepływu spalin
- b/ jedno z rozwiązań konstrukcyjnych z komorą w tłoku: 1 - tłok, 2 - kanał dolotowy, 3 - zawór dolotowy, 4 - wtryskiwacz, 5 - ściana, 6 - tuleja cylindrowa, 7 - kanał wylotowy, 8 - świeca zapłonowa

Silne zawirowanie czynnika zapewnia przesłonka na zaworze dolotowym lub odpowiednio ukształtowany kanał dolotowy. Wtrysk odbywa się w kierunku ściecy zapłonowej zgodnie z kierunkiem zawirowania. Mieszanka stechiometryczna wytworzy się najpierw w pobliżu świecy zapłonowej, a tworzenie mieszanki paliwo-powietrznej w całej komorze następuje niejako w czasie trwania procesu spalania, co zwalnia przemieszczanie się czoła płomienia.

System TE/A70 został zastosowany w wielopaliwowym silniku samochodu wojskowego, który zachowywał swoje parametry $P_e = 7,7 \text{ daN/cm}^2$; $\xi_{enik} = 255 \text{ g/kWh}$ i objętościowy wskaźnik mocy $22,5 \text{ kJ/dm}^3$ na wszystkich dostępnych paliwach od benzyny "super" do olejów napędowych.

Innym rozwiązaniem systemu uwarstwienia ładunku jest system FCP /Ford Combustion Process/.



Rys.2. System FCP - wielopaliwowy o uwarstwionym ładunku

Pokazana na rysunku filiżankowa komora spalania ma za zadanie dokonać odpowiednio dużego zawirowania czynnika w czasie ruchu tłoka do ZS. Zastosowano wtryskiwacz wielootworowy i świecę o przedłużonych elektrodach znajdujących się w zasięgu strug paliwa.

Innym systemem stworzenia wielopaliwowego silnika ZS jest system zapłonu iskrowo-strumieniowego. Pozwala on na uzyskanie dużej masowej szybkości spalania przy równocześnie małej prędkości wznoszenia się frontów płomienia o ubogiej mieszance [1, 2].

W celu uzyskania własności wielopaliwowych silników ZS należy stworzyć takie warunki w komorze spalania, aby skrócić okres opóźnienia samozapłonu i nie dopuścić do dużych przyrostów ciśnienia $-dP/d\alpha$. Sposoby ułatwiające samoczynny zapłon paliwa można podzielić na dwie grupy:

- fizyczne,
- chemiczne.

Czynnikami fizycznymi są:

- podniesienie stopnia sprężania,
- zastosowanie tzw. "gorących wstawek" w komorze spalania,

chemicznymi zaś:

- dostarczenie części paliwa do przewodu dolotowego lub cylindra,
- zastosowanie systemu Cummins.

Sposoby ograniczające ilość paliwa przygotowanego do zapłonu można podzielić na dwie zasadnicze grupy, ze względu na zasadę postępowania:

- ograniczenie ilości paliwa dostarczonego do cylindra w okresie zwłoki samozapłonu,
- stworzenie warunków, aby tylko część paliwa wtrysnięta w okresie zwłoki była przygotowana do zapłonu.

Warunki grupy pierwszej realizuje się przez:

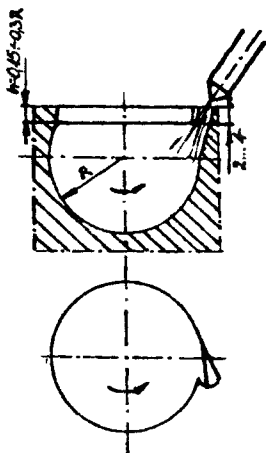
- odpowiednie ukształtowanie charakterystyki wtryskiwania,
- wtrysk dwufazowy.

Warunki grupy drugiej spełniają:

- niesymetryczne rozprzestrzenianie strug paliwa w komorze spalania,
- system M-Verfahren i jego modyfikacje.

Ten ostatni wart jest szerszego omówienia ze względu na zadowalające własności użytkowe. Jest to system, w którym najlepiej dopracowano ideę zróżnicowania stopnia przygotowania paliwa do zapłonu. Pierwszy raz system ten zastosowano w silnikach firmy MAN, które były pierwszymi współczesnymi silnikami wielopaliwowymi, wykazującymi dobre osiągi na dowolnych paliwach ciekłych.

Silnik MAN M wyposażony jest w komorę typu półotwartego, zakończoną wyżłobieniem, usytuowanym dokładnie pod wtryskiwaczem. Powietrze zasysane do cylindra ulega silnemu zawirowaniu dzięki zastosowaniu przesłonki na zaworze dolotowym; względnie ukształtowaniu kanału dolotowego. Paliwo dostarczane jest za pomocą wtryskiwacza dwuotworowego, w postaci zwartych strug o małym stopniu rozpylenia. Silnie zawirowane powietrze rozprzestrzenia paliwo po ściankach komory spalania w postaci cienkiego filmu o grubości kilku mikrometrów. Niewielka ilość tego paliwa paruje i gdy dojdzie do centrum komory spalania znajduje warunki do samo-

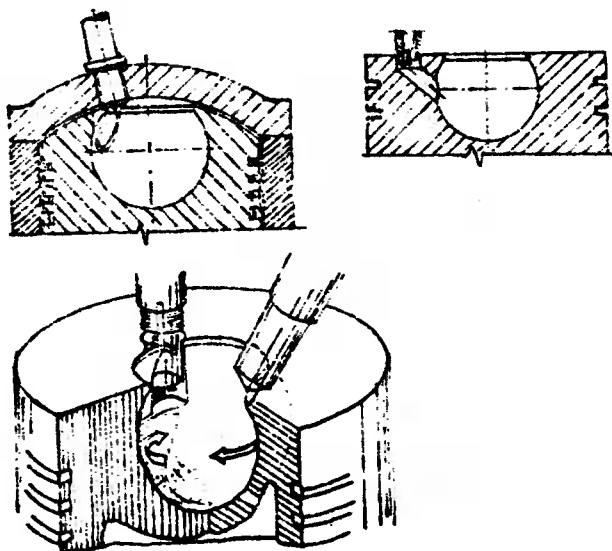


Rys.3. Zasada systemu
M - Verfahren

zapłonu. Spalanie podtrzymywane jest przez paliwo parujące z powierzchni komory. System ten pozwolił na obniżenie maksymalnego ciśnienia spalania o ok. 17% oraz zdecydowanie zmniejszyć szybkość narastania ciśnienia.

Przy wprowadzaniu paliw o coraz to wyższej liczbie oktanowej wskazane było stosowanie wysokich stopni sprężania /dla LO 94 pożądane $\xi = 24/$, co spowodowało wiele trudności natury konstrukcyjnej.

Powyższe niedoskonałości doprowadziły do powstania koncepcji silnika wysokoprężnego z zapłonem iskrowym /zwanego czasem silnikiem średnioprężnym/. Nowy system FM jest kontynuacją systemu M pod względem kształtu komory spalania i sposobu wtrysku.



Rys.4. Badane w firmie MAN położenia świecy zapłonowej w systemie FM

Zasadniczą zmianę stanowi obniżenie stopnia sprężania do wartości rzędu 13+16 i zastosowanie zapłonu iskrowego.

System ten zapewnia:

- małe wartości maksymalnego ciśnienia spalania,
- dużą wartość średniego ciśnienia użytecznego,
- dużą sprawność ogólną w całym polu pracy,
- małą toksyczność spalin i ich stopień zadymienia.

Rozwiązanie to wymaga dopracowania od strony konstrukcyjnej i eksploatacyjnej, ale ma wiele zalet i zapewnia możliwość uzyskania całkowitej wielopaliwowości przy zachowaniu wymaganych parametrów roboczych silnika [1, 2].

W obecnej dobie uzyskiwanie własności wielopaliwowych silników spalinowych stało się koniecznością. Podkreślane to jest zarówno względami ekonomicznymi, jak i perspektywą zastąpienia kiedyś paliw naftowych innymi.

Postęp w dziedzinie tłokowych silników spalinowych jest tak duży, że w obecnych czasach stosowanie ich do napędu pojazdów, a także innych maszyn i urządzeń w różnych gałęziach przemysłu jest nadal najbardziej opłacalne i wygodne. Rolnictwo należy do jednej z tych gałęzi, zwłaszcza, że stoi przed nim szansa taniego zasilania silników spalinowych, zarówno trakcyjnych jak i stacjonarnych.

Literatura

- [1] Bernhardt M.: Silniki wielopaliwowe. WNT, Warszawa 1980
- [2] Bernhardt M., Dobrzyński St., Loth E.: Silniki samochodowe. W.K. i Ł. Warszawa 1978
- [3] Kapcia T., Kuśmierk J., Paluszkiwicz B.: Wpływ paliw metylowych na własności użytkowe olejów silnikowych. Tech. Mot. 8/79 WCT-NOT
- [4] Kawczak J., Konopczyński A.: Wpływ metanolu na materiały pojazdów. Tech. Mot. 9/79 WCT-NOT
- [5] Kołodziejczyk L.: Alkohole jako paliwa motoryzacyjne. Tech. Mot. 12/79 WCT-NOT
- [6] Kowalewicz A.: Systemy spalania szybkoobrotowych tłokowych silników spalinowych. WKŁ, Warszawa 1980
- [7] Machlejd P.: Zwiększenie odporności przeciwstukowej mieszanki palnej w wyniku wtrysku metanolu dp przewodu dolotowego. Praca doktorska 1978
- [8] Michałowska J.: Paliwa, oleje i smary. WKŁ, Warszawa 1977
- [9] Niewiarowski K.: Tłokowe silniki spalinowe. WKŁ, Warszawa 1974
- [10] Schwarzenbauer G.: Dwustopniowe zasilanie silników ZS. XVII Kongres Fisita Budapest 1978. Tech. Mot. 3/79 WCT-NOT
- [11] Scott D.: Hydrogen Fuel Ready for Bus Fleet. Automotive Engineering - 5/1978
- [12] Sobotowski R.: Modelowe badania spalania metanolu w silnikach tłokowych. Praca doktorska, 1978
- [13] Sobotowski R.: Przyczyny wzrostu mocy silników ZI zasilanych metanolem. Tech. Mot. 2/79 WCT-NOT
- [14] Talbot A.: MTBE being evaluated as alternate fuel component. Automotive Engineering - August 1978
- [15] Silnik ZS zasilany metanolem. Tech. Mot. 6/79 WCT-NOT
- [16] System spalania PROCO firmy Ford. Tech. Mot. 6/79 WCT-NOT

POSSIBILITIES OF USING MULTIFUEL ENGINE IN AGRICULTURE

Summary

The paper presents a review of the present state of research in the field of possibilities of using several kinds of fuel, both oil and non-oil for internal combustion engines with spark ignition as well as self-ignition. Close attention was paid to the application of these kinds of fuel in engines used in agricultural vehicles.

Возможности использования многотопливного двигателя в сельском хозяйстве

Резюме

В статье дан обзор актуального состояния работ в области возможности применения различных видов топлива, как керосиновых, так и некеросиновых для питания двигателей внутреннего сгорания с искровым и самовоспламеняющимся зажиганием. Особое внимание обращено на применение этих видов топлива в двигателях внутреннего сгорания применяемых в сельскохозяйственных машинах.

James Schmidt

WYBRANE METODY ANALIZY DYNAMIKI POJAZDU JEDNOŚLADOWEGO

W pracy przedstawiono etapy symulacji odtwarzającej dla konstrukcji nośnej pojazdu jednośladowego przy wykorzystaniu laboratoryjnego stanowiska symulacji drogi oraz metod obliczeniowych rozwiązywanych za pomocą elektronicznych maszyn cyfrowych. Najważniejszym parametrem równania ruchu modelu dyskretnego jest tłumienność konstrukcji nośnej pojazdu.

Opisano dwie metody określania tłumienności tej konstrukcji.

1. Wstęp

Nowoczesne i ekonomiczne projektowanie konstrukcji nośnych pojazdów jednośladowych wymaga głębszego poznania warunków wpływających na ich obciążenia dynamiczne. Umożliwi to oraz zapewni uzyskanie dostatecznego stopnia bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji. Analiza dynamiczna dokonana na modelu obliczeniowym pozwala na przeprowadzenie optymalizacji konstrukcji już w trakcie procesu projektowania. Ma to duże znaczenie ze względu na możliwość znacznej obniżki kosztów konstrukcyjnego przygotowania wyrobu /zmniejsza liczbę prototypów i zakres prac badawczych/, a także na skrócenie czasu niezbędnego w procesie projektowania. Prawidłowo dokonana analiza dynamiczna, a co się z tym wiąże i optymalizacja, pozwala na opracowanie doskonalszej konstrukcji. W celu dokonania optymalizacji tak złożonego obiektu jakim jest konstrukcja nośna pojazdu, należy posłużyć się metodami symulacyjnymi.

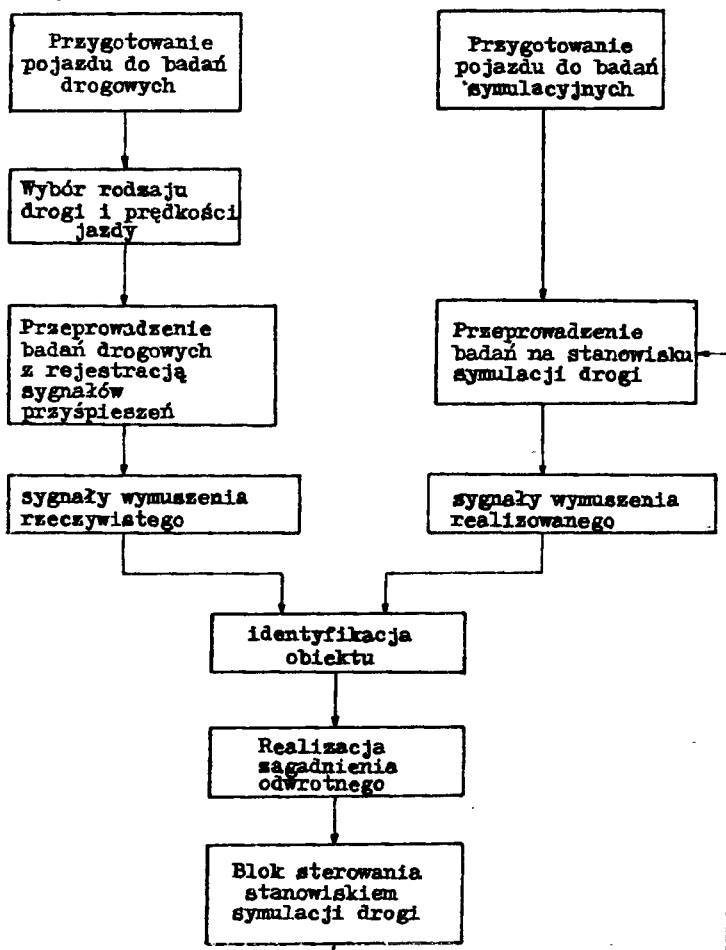
Metody symulacyjne znalazły ostatnio szerokie zastosowanie w badaniach obciążeń konstrukcji [7, 9]. Zostało to spowodowane dążeniem konstruktorów do otrzymania dokładniejszego obrazu rozkładu obciążeń konstrukcji, jakim jest ona poddawana w warunkach eksploatacyjnych.

2. Etapy symulacji odtwarzającej

Coraz szersze wykorzystanie elektronicznych maszyn cyfrowych i analogowych, jak również specjalnych urządzeń badawczych, a głównie wibratorów, umożliwia zastosowanie przez konstruktora różnorodnych metod symulacyjnych.

Badania symulacyjne, prowadzone wyłącznie przy użyciu maszyn cyfrowych pracujących, o pętli zamkniętej bez udziału człowieka, zwane są symulacją cyfrową. Symulacja cyfrowa jest jednym z bardziej złożonych zagadnień z matematycznego punktu widzenia, lecz jest bardzo prosta z punktu widzenia użytkownika. W dalszym podziale rozróżnia się: symulację odtwarzającą, symulację prognostyczną oraz symulację maszynową.

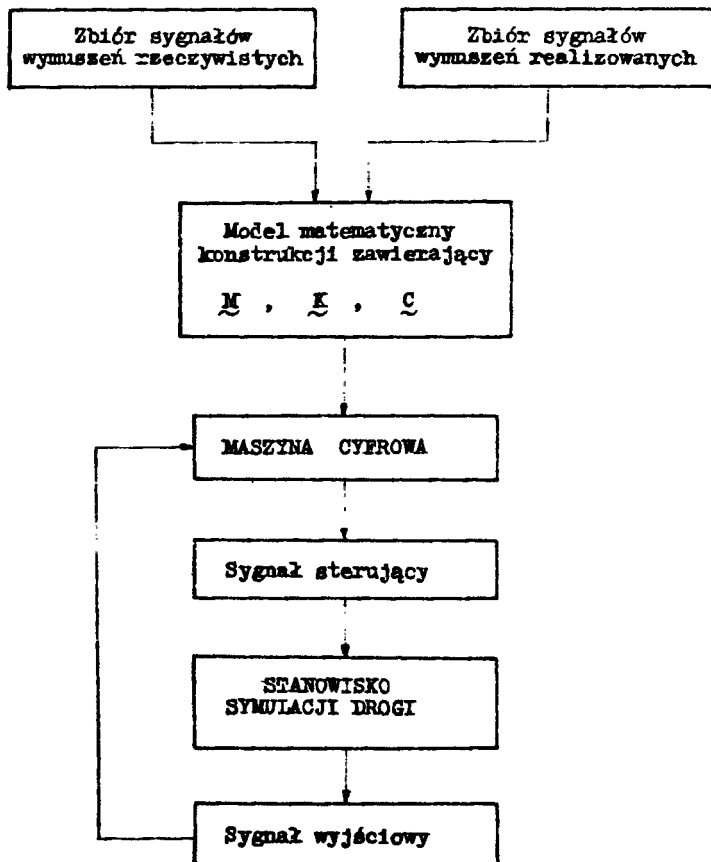
Symulacja odtwarzająca składa się z dwóch etapów. W etapie pierwszym zostają wygenerowane takie sygnały wejściowe, wytwarzane przez elektrohydrauliczne wzbudniki drgań /wibratory, pulsatory itp./ i przekazywane na badany obiekt, które wywołują drgania obiektu zainstalowanego na laboratoryjnym stanowisku symulacyjnym, maksymalnie zbliżone do tych, jakim poddawany on jest w wybranych warunkach eksploatacyjnych [8]. W etapie tym realizujemy więc eksperymentalnie możliwie wierną symulację autentycznej pracy obiektu /rys.1/.



Rys.1. Schemat blokowy pierwszego etapu symulacji odtwarzającej

Zastosowanie laboratoryjnych stanowisk symulacyjnych pozwala nie tylko na wnikliwe określenie stanu naprężeń konstrukcji, lecz również na szerszą analizę zjawisk dynamicznych, a nawet na stawianie pewnych prognoz w odniesieniu do trwałości zmęczeniowej.

Drugi etap symulacji odtwarzającej związany jest z zagadnieniem identyfikacji układu dynamicznego badanego obiektu. W etapie tym znany jest zbiór zmiennych danych wejściowych oraz odpowiadające im wyniki uzyskane z obiektu podczas badań na stanowisku symulacyjnym. Staramy się zbudować taki model matematyczny, który dla odpowiednich danych wejściowych utworzy oczekiwane rezultaty. Innymi słowy mamy do czynienia z rzeczywistym procesem, który przekształca jeden zbiór informacji w inny i staramy się skonstruować algorytm, który dokonałby tego samego przekształcenia. Jeśli osiąga się zadowalającą zgodność, to można stwierdzić, że opracowany algorytm symuluje oryginalny proces przynajmniej o tyle, że dokonuje tego samego przekształcenia informacji. Tak więc głównym elementem drugiego etapu symulacji odtwarzającej jest sformułowanie modelu matematycznego tych zjawisk, które badamy w danym obiekcie /rys.2/.



Rys.2. Schemat blokowy drugiego etapu symulacji odtwarzającej

Modele te winny spełniać dwa zasadnicze wymagania, stanowiące kryterium przydatności: powinny dostatecznie dokładnie opisywać zjawiska zachodzące w układzie rzeczywistym oraz powinna być zagwarantowana możliwość modyfikacji modelu. Modelem matematycznym można zatem nazwać operator /algorytm/, który przekształca sygnał wejściowy w sygnał wyjściowy [2].

Jeżeli przez $F(t)$ oznaczymy sygnał wejścia dla obiektu rzeczywistego, natomiast przez $g(t)$ sygnał wyjścia dla tego obiektu, to współzależność tych sygnałów można zapisać w postaci:

$$g(t) = L_t \cdot P(t)$$

gdzie:

L_t - operator przekształcenia dla obiektu

Ta sama zależność dla modelu matematycznego ma postać:

$$\hat{g}(t) = \hat{L}_t \cdot P(t)$$

gdzie:

$\hat{g}(t)$ - sygnał wyjścia z modelu

\hat{L}_t - operator modelu obiektu rzeczywistego

Określenie operatora L_t dla konstrukcji nośnej wszelkiego typu pojazdów samochodowych jest zagadnieniem bardzo złożonym. Konstrukcja nośna pojazdu jest przestrzennym, ciągłym układem fizycznym. Model matematyczny takiego układu stanowi układ równań różniczkowych cząstkowych wraz z odpowiednimi warunkami brzegowymi lub układ równań całkowych. Znalazienie rozwiązania dla tak przedstawionego modelu jest bardzo trudne, co wynika z dużej liczby równań oraz skomplikowanych warunków brzegowych [4].

W analizie dynamicznej, układy złożone, w postaci konstrukcji nośnych pojazdów przedstawia się w postaci modelu dyskretnego [7, 9]. Zbudowania modelu dyskretnego dokonuje się na drodze analiz teoretycznych lub badań eksperymentalnych. Wraz z rozwojem techniki pomiarowej w ostatnich latach nastąpił duży postęp w zakresie znajdowania modeli dyskretnych układów ciągłych na drodze eksperymentalnej, przy wykorzystaniu metod identyfikacji dla określenia parametrów modelu dyskretnego.

Istnieje szereg prac [5], w których zawarty jest wiele sposobów dotyczących metod identyfikacji parametrów modeli dyskretnych układów ciągłych. Należy jednak zauważyć, że metody te dotyczą przeważnie identyfikacji wszystkich parametrów dynamicznych modelu, a więc macierzy mas, sztywności i tłumienia. Zastosowanie tych procedur do modelowania i identyfikacji parametrów jest niezwykle trudne i wymaga dokonania wielu założeń upraszczających. Dzięki szybkiemu rozwojowi techniki komputerowej w zastosowaniu do analizy statycznej i dynamicznej pracy układów sprężystych, możliwe jest dokonanie dyskretyzacji złożonych konstrukcji nośnych na drodze obliczeń numerycznych przy zastosowaniu gotowych systemów komputerowych /ASKA, NASTRAN, SAFIV/. W związku z tym, prowadzenie skompli-

kowanych i długotrwałych badań w zakresie identyfikacji macierzy mas i sztywności modeli dyskretnych nie jest konieczne. Natomiast identyfikacja parametrów tłumienia modelu dyskretnego jest możliwa w oparciu o badania eksperymentalne.

3. Określenie tłumienności konstrukcji nośnej pojazdu

Równanie ruchu modelu dyskretnego ciągłej konstrukcji nośnej pojazdu jednośladowego przy uwzględnieniu parametrów tłumieniowych układu dla przypadku drgań wymuszonych przedstawione jest zależnością:

$$\underline{M} \ddot{r} + \underline{C} \dot{r} + \underline{K} r = \underline{F} \quad (1)$$

gdzie:

- \underline{M} - macierz mas
- \underline{K} - macierz sztywności
- \underline{C} - macierz tłumienności
- \underline{F} - wektor sił wymuszających

Występujące w równaniu ruchu (1) macierze mas i sztywności najczęściej określa się przy pomocy metody elementów skończonych. Aby jednak zbadać rzeczywistą pracę układu konieczne jest wyznaczenie macierzy tłumienia \underline{C} , przedstawiającej tłumienie wewnętrzne ciągłej konstrukcji nośnej pojazdu. Istnieją liczne hipotezy i teorie [6] dotyczące tłumienia wewnętrznego, jednak wszystkie opisy matematyczne zjawisk związanych z tłumieniem wewnętrznym rozpatruje się jako pewne aproksymacje rzeczywistych różnego stanu obiektu. Określenie w ten sposób miary tłumienia wewnętrznego nie pozwala więc na prowadzenie analizy dynamicznej pracy konstrukcji nośnej. Z tego powodu przyjęto jako model tłumienia wewnętrznego - tłumienie postaciowe. Tłumienie postaciowe interpretuje się fizycznie faktem, że każda naturalna postać drgań własnych układu jest tłumiona niezależnie od siebie. Matematyczna interpretacja przyjęcia tłumienia wewnętrznego jako tłumienia postaciowego opiera się na stwierdzeniu [3], że ruch układu dla tak przyjętego tłumienia można przedstawić we współrzędnych głównych. Problem ten daje się rozwiązać dwiema metodami.

Pierwsza metoda prowadzi do wyznaczenia modalnych macierzy tłumienia w oparciu o diagonalne równanie ruchu konstrukcji nośnej badanego pojazdu. Druga metoda zwana bezpośrednią umożliwia uzyskanie zbioru dowolnych macierzy tłumienia. W metodzie pierwszej, dla wyrażenia macierzy tłumienia \underline{C} w formie macierzy diagonalnej dokonuje się takiej samej transformacji jak dla macierzy mas \underline{M} oraz macierzy sztywności \underline{K} . Równanie ruchu układu opisanego zależnością (1) należy sprowadzić [1] do postaci diagonalnej:

$$\underline{A} \eta_G + \underline{B} \dot{\eta}_G + \underline{I} \eta_G = \underline{E} \eta \quad (2)$$

gdzie:

- $\underline{\Lambda}$, \underline{D} , \underline{I} - macierze diagonalne
 \underline{Q}_G - wektor przemieszczeń w układzie współrzędnych głównych
 $\underline{F}\eta$ - wektor sił po diagonalizacji

Transformację współrzędnych między początkowym układem współrzędnych \underline{r} , a układem współrzędnych głównych \underline{Q} przedstawić można w postaci:

$$\underline{r} = \underline{X} \cdot \underline{Q} \quad (3)$$

gdzie:

\underline{X} - macierz kwadratowa

Różniczkując dwukrotnie względem czasu równanie (3) podstawiając otrzymane zależności wraz z równaniem (2) do równania (1) oraz mnożąc to równanie przez macierz \underline{X}^T otrzymamy wyrażenie:

$$\underline{X}^T \underline{M} \underline{X} \ddot{\underline{Q}} + \underline{X}^T \underline{C} \underline{X} \dot{\underline{Q}} + \underline{X}^T \underline{K} \underline{X} \underline{Q} = \underline{X}^T \underline{F} \quad (4)$$

Porównując równanie (2) oraz (4) otrzymano następujące związki:

$$\underline{X}^T \underline{M} \underline{X} = \underline{\Lambda} \quad (5)$$

$$\underline{X}^T \underline{C} \underline{X} = \underline{D} \quad (6)$$

$$\underline{X}^T \underline{K} \underline{X} = \underline{I} \quad (7)$$

$$\underline{X}^T \underline{F} = \underline{F} \eta \quad (8)$$

Z porównania zależności (5) oraz (7) otrzymano:

$$\underline{M} \underline{X} = \underline{K} \underline{X} \underline{\Lambda} \quad (9)$$

Z równania (9) wyznacza się bez trudności macierz transformacji \underline{X} [2]. Otrzymana macierz była macierzą, w której kolumny były wektorami kolejnych postaci drgań własnych układu.

Następnie podstawiając do równania (2) $\underline{Q}_G = \underline{X}^{-1} \underline{r}$ oraz jej pochodne otrzymane z pomiarów na stanowisku symulacji drogi, jak również $\underline{\Lambda}$ otrzymane z obliczeń /macierze \underline{M} i \underline{X} są przecież znane/ wyznacza się diagonalną macierz \underline{D} . Korzystając z równania (6) uzyskujemy modalną macierz tłumienia:

$$\underline{C} = \underline{X}^{T-1} \underline{D} \underline{X}^{-1} \quad (10)$$

Uzyskana macierz tłumienia zawiera "w sobie" nie tylko pojęcie tłumienności konstrukcji, lecz również wszystkie elementy wynikające z nieliniowości konstrukcji nośnej pojazdu jednośladowego, jak również nieliniowość funkcji wymuszającej drgania.

Druga metoda wyznaczenia zbioru dowolnych macierzy tłumienia opiera się na równaniu ruchu (1) i polega na bezpośrednim wyznaczeniu macierzy tłumienia:

$$\underline{C} \dot{\underline{r}} = \underline{F} - \underline{K} \underline{r} - \underline{M} \ddot{\underline{r}} \quad (1a)$$

Próba rozwiązania równania (1a) ogólnie przyjętymi metodami daje układ równań sprzecznych, ponieważ ilość niewiadomych przekracza ilość równań w przypadku rozwiązywania go o tym samym czasie t_1 . Czynione były próby wykorzystania metody najmniejszych kwadratów oraz metody maksimum Likelihood'a. Metody te jednak okazały się trudne do wykorzystania. Dlatego do rozwiązania używa się przybliżonej metody Czebyszewa [9]. Istotą tej metody jest poszukiwanie punktu, który jest oddalony od wszystkich płaszczyzn utworzonych przez "m" równań układu o najmniej "n" niewiadomych, przy czym $m > n$. Dokonuje się tego w oparciu o proponowanie liniowe wykorzystując metodę "simpleks". Metoda ta w stosunku do poprzedniej charakteryzuje się tym, że:

- cały proces identyfikacji jest przeprowadzony na maszynie cyfrowej,
- wymuszenia szukane w celu odtworzenia sygnału potrzebnego do sterowania stanowiskiem symulacji drogi muszą być wyznaczone tak, jak to pokazano w metodzie poprzedniej,
- dodatnią cechą jest również to, że możemy z góry narzucić pewne wielkości w macierzy /wektorze/ tłumienia, przerzucając je jako wielkości znane na prawą stronę układu równań.

Otrzymana tym sposobem macierz tłumienia może być wykorzystana w procesie symulacji prognostycznej w przypadku korzystania z metod iteracyjnych rozwiązywania układu równań ruchu.

4. Badanie adekwatności modelu z obiektem

Ostatnim krokiem symulacji odtwarzającej jest badanie adekwatności otrzymanego modelu matematycznego z rzeczywistym obiektem. W przypadku badań motocykla MOB, jako model matematyczny otrzymano układ równań różniczkowych równań ruchu, który przedstawiono w postaci macierzowej:

$$\underline{M} \ddot{\underline{r}} + \underline{C} \dot{\underline{r}} + \underline{K} \underline{r} = \underline{F} \quad (1)$$

Aby uzyskać odpowiedź, dotyczącą adekwatności modelu z obiektem, należy rozwiązać układ równań (1) w funkcji czasu. Procedury rozwiązywania równań ruchu zostały dokładnie omówione w pracach [1]. Otrzymane w ten sposób charakterystyki należy porównać z charakterystyką zdjętą ze stanowiska symulacji drogi.

Dotychczasowe wyniki przeprowadzonych analiz pozwalają stwierdzić, że lepsze przybliżenie uzyskuje się przy określaniu tłumienności jako zbioru

dowolnych macierzy tłumienia /metoda druga/. Na niekorzyść tej metody przemawia jedynie fakt, że jest ona bardzo pracochłonna w porównaniu z metodą określania tłumienności poprzez wyznaczenie zbioru modalnych macierzy tłumienia /metody pierwszej/.

5. Wnioski końcowe

1. Proponowany przebieg analizy w zakresie symulacji odtwarzającej w zastosowaniu do ciągłych konstrukcji nośnych pojazdów jednośladowych można sprowadzić do dwóch grup zagadnień:
 - modelowanie układu ciągłego konstrukcji nośnej,
 - określenie tłumienności konstrukcji ze szczególnym uwzględnieniem identyfikacji parametrów tłumienia.
2. Zastosowanie elektronicznych systemów obliczeniowych do analizy dynamicznej struktury konstrukcji nośnej umożliwia automatyczne budowanie równań ruchu, redukcji układów oraz przygotowania danych.
3. Budowa modelu dyskretnego dla układu ciągłego konstrukcji nośnej pojazdu jednośladowego daje najlepsze wyniki przy użyciu metody elementów skończonych.
4. Badanie dynamiki pojazdu jednośladowego jest możliwe w oparciu o prawidłowo zbudowany model matematyczny zjawisk zachodzących podczas ruchu pojazdu, przy równoczesnym określeniu parametrów tego modelu na laboratoryjnym stanowisku symulacji drogi.

Literatura

- [1] Argyris H.: Metody obliczeniowe w mechanice nieliniowej. Ossolineum, Wrocław 1977
- [2] Barczak A.: Modelowanie układów ciągłych konstrukcji nośnych pojazdów szynowych na przykładzie wagonu 413Z. Praca doktorska, Politechnika Poznańska, 1978
- [3] Bishop R.: An investigation in to the theory of resonanse testing. London, 1963
- [4] Czudnowski M.: Metody rasczota kolebanij i ustojczivosti sterżniewych sistem. Kijew, 1952
- [5] Mańczak K.: Identyfikacja obiektów wielowymiarowych. PWN, Warszawa 1978
- [6] Osificki Z.: Kierunki rozwojowe badań tłumienia drgań w procesach dynamicznych. Zagadnienia drgań nieliniowych nr 20. PWN, Warszawa 1970
- [7] Orszelski W.: Symulacja cyfrowa układów dynamicznych pojazdów szynowych. System komputerowy FRANK. Rozprawy nr 83, Politechnika Poznańska 1977

- [8] Schmidt J., Lewandowski A.: Laboratoryjne symulowanie oporów trakcyjnych pojazdu jednośladowego. Zeszyty Naukowe ATR, Bydgoszcz 1976
- [9] Schmidt J.: Symulacja cyfrowa obiektu ruchomego w aspekcie dynamiki pojazdu jednośladowego. Politechnika Poznańska, 1980

SELECTED METHODS OF ANALYSIS OF MOTOR-CYCLES AND BICYCLES DYNAMICS

Summary

The paper presents stages of simulation for vehicle's supporting structure with the use of the laboratory stand for road simulation and calculation methods solved by means of the digital computer. The attenuation of the vehicle's supporting structure is the most important parameter in the equation of the discrete model's motion.

Two methods of determining attenuation of this vehicle are described.

ИЗБРАННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ОДНОСЛЕДНЫХ СРЕДСТВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Резюме

В работе представлены этапы симуляции регенерирующей для несущей конструкции односледного средства передвижения при использовании лабораторного стенда симуляции дороги, а также вычислительных методов решаемых с помощью вычислительных машин. Самым главным параметром уравнения движения дискретной модели является коэффициент звукоизоляции несущей конструкции средства передвижения.

Описаны два метода определения коэффициента звукоизоляции этой конструкции.

Adam Woliński

METODA I TECHNIKA CYFROWEGO POMIARU PRZYSPIESZENIA KĄTOWEGO
 WAŁU KORBOWEGO SILNIKA SPALINOWEGO

Artykuł nawiązuje do pracy autora zamieszczonej w Zeszycie Naukowym ATR nr 47 - Mechanika 17/1977 [2], w której traktowano o analogowych i analogowo impulsowych metodach pomiaru przyspieszenia kąтового. Po przeanalizowaniu tych metod autor zaproponował sposób i układ cyfrowego pomiaru przyspieszenia kąтового i prędkości kątovej przydatne dla bezwładnościowej metody wyznaczania charakterystyk silników.

1. Opis metody i analiza błędu

Technika cyfrowa pomiaru przyspieszenia kątovej metodą uśredniania w stałym kącie obrotu oparta jest na wzorze:

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}$$

Wzór w postaci (1) nie jest przydatny dla techniki cyfrowej, gdyż wymaga pomiaru dwóch chwilowych wartości prędkości kątovej: prędkości kątovej ω_1 na początku okresu uśredniania i prędkości kątovej ω_2 na końcu okresu uśredniania po obrocie o kąt α . Pomiar chwilowych wartości prędkości kątovej techniką cyfrową jest uciążliwy [3], dlatego we wzorze (1) chwilowe wartości prędkości kątovej zastąpiono wartościami średnimi:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\alpha}{t_{m_2}} - \frac{\alpha}{t_{m_1}}}{\frac{1}{2} (t_{m_2} + t_{m_1})}$$

Po przekształceniu wzoru (2):

$$\varepsilon = \frac{2 \alpha}{t_{m_1} + t_{m_2}} \left(\frac{1}{t_{m_2}} - \frac{1}{t_{m_1}} \right)$$

otrzymuje się postać przydatną do realizacji techniką cyfrową.

We wzorach (2) i (3) α - oznacza kąt uśredniania przyspieszenia kątovej, a zarazem kąt uśredniania prędkości kątovej; t_{m_1} - czas obrotu o

pierwszy kąt α ; t_{m2} - czas obrotu o następny kąt α . Określenie przyspieszenia według wzoru (3) wymaga pomiaru tylko dwóch czasów. Pomiaru te można łatwo zrealizować z dużą dokładnością posługując się techniką cyfrową.

Jednakże metoda oparta na wzorze (3) daje wyniki obarczone błędem wynikającym z tego, że wzór (1) jest słuszny dla przypadku, gdy wartość przyspieszenia kątownego mierzonego przebiegu jest stała; prędkość kątowna wówczas zmienia się liniowo, w przeciwnym razie wymagana jest linearyzacja przebiegu prędkości kątownej będąca przyczyną błędów. Linearyzacja charakterystyki skokowej prędkości kątownej wału korbowego w przedziale $<0,2$ s jest możliwa z dokładnością około 1% [1]. Poniżej przeprowadzono analizę błędu metody.

Błąd względny ϵ metody określono ze wzoru:

$$\epsilon = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_{\text{śr}}}{\mathcal{E}_{\text{śr}}} \quad (4)$$

gdzie:

\mathcal{E} - zmierzona wartość średniego przyspieszenia kątownego
 $\mathcal{E}_{\text{śr}}$ - rzeczywista wartość średniego przyspieszenia kątownego

W celu przeprowadzenia analizy błędu metody, na rys.1b przedstawiono przebieg charakterystyki skokowej prędkości kątownej wału silnika, na rys.1a przebieg pochodnej charakterystyki skokowej, a na rys.1c przebieg całki charakterystyki skokowej. Przebiegi te przedstawiają zmianę przyspieszenia kątownego $\mathcal{E}_{\text{śr}}$ i kąta obrotu α .

W chwili t_0 rozpoczęto pomiar czasu t_{m1} obrotu o kąt α . Dla uproszczenia rozważań przesunięto początek układu współrzędnych do punktu $(t_0, 0)$ /rys.1/. W nowym układzie współrzędnych warunki początkowe określające stan silnika w chwili $t_0 = 0$ mają następujące wartości: $\mathcal{E}_{\text{śr}} = \mathcal{E}_0$, $\omega_{\text{śr}} = \omega_0$, $\alpha = \alpha_0 = 0$. W otoczeniu punktu $(0, \mathcal{E}_0)$ funkcję $\mathcal{E}_{\text{śr}}$ aproksymowano prostą

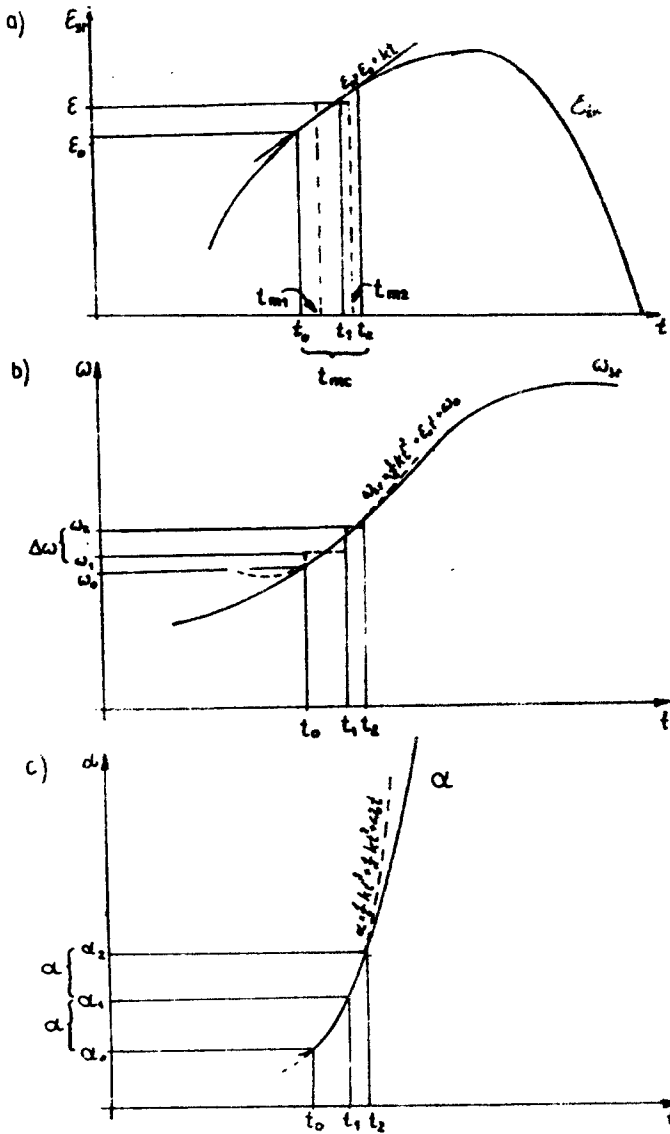
$$\mathcal{E}_{\text{śr}} = \mathcal{E}_0 + kt \quad (5)$$

Odpowiadająca tej aproksymacji aproksymacja funkcji prędkości kątownej w otoczeniu punktu 0 przyjmuje postać funkcji kwadratowej:

$$\omega_{\text{śr}} = \mathcal{E}_0 t + \frac{1}{2} kt^2 + \omega_0 \quad (6)$$

a aproksymacja zmian kąta obrotu przyjmie postać równania paraboli trzeciego stopnia

$$\alpha = \frac{1}{6} kt^3 + \frac{1}{2} \mathcal{E}_0 t^2 + \omega_0 t + \alpha_0 \quad (7)$$



Rys.1. Schematyczne przebiegi przyspieszenia kąowego a , prędkości ką-
towej b i kąta obrotu wału silnika c w stanie nieustalonym

Związek między średnią prędkością ω_1 w czasie obrotu wału silnika o
kąt α a rzeczywistym przebiegiem tej prędkości jest następujący:

$$\omega_1 = \frac{\alpha}{t_{m1}} = \frac{1}{6} kt_{m1}^2 + \frac{1}{2} E_0 t_{m1} + \omega_0 \quad (8)$$

Związek między średnią prędkością ω_2 w czasie obrotu t_{m_2} , a jej rzeczywistym przebiegiem jest następujący:

$$\omega_2 = \frac{\Omega}{t_{m_2}} = \frac{1}{6} k (t_{m_c}^2 + t_{m_c} t_{m_1} + t_{m_1}^2) + \frac{1}{2} \varepsilon_0 (t_{m_c} + t_{m_1}) + \omega_0 \quad (9)$$

Przyrost średniej wartości prędkości kątowej $\Delta\omega$ między jednym a drugim obrotem o kąt Ω wynosi:

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{1}{6} k (t_{m_c}^2 + t_{m_c} t_{m_1}) + \frac{1}{2} \varepsilon_0 t_{m_c} \quad (10)$$

gdzie:

$$t_{m_c} = t_{m_1} + t_{m_2}$$

Po przekształceniu równania (10) otrzymano związek między przyspieszeniem zmierzonym a rzeczywistym przebiegiem przyspieszenia

$$\varepsilon = \frac{1}{3} k (t_{m_c} + t_{m_1}) + \varepsilon_0 \quad (11)$$

Z drugiej strony średnie przyspieszenie obliczone według wzoru:

$$\bar{\varepsilon}_{sr} = \frac{1}{t_2 - t_0} \int_{t_0}^{t_2} (\varepsilon_0 + k t) dt \quad (12)$$

ma wartość:

$$\bar{\varepsilon}_{sr} = \frac{1}{t_{m_c}} \left[\varepsilon_0 t_{m_c} + \frac{1}{2} k t_{m_c}^2 \right] \quad (13)$$

$$\bar{\varepsilon}_{sr} = \varepsilon_0 + \frac{1}{2} k t_{m_c} \quad (14)$$

Zatem wartość ρ błędu względnego metody jest funkcją początkowego przyspieszenia kątowego ε_0 , współczynnika nachylenia krzywej przyspieszenia k i prędkości kątowej $\omega = 4\pi n t_{m_c}^{-1}$

$$\rho = \frac{\frac{1}{3} k (t_{m_c} + t_{m_1}) + \varepsilon_0 - \varepsilon_0 - \frac{1}{2} k t_{m_c}}{\varepsilon_0 + \frac{1}{2} k t_{m_c}} \quad (15)$$

$$\rho = \frac{k \left(\frac{1}{3} t_{m_1} - \frac{1}{6} t_{m_c} \right)}{\varepsilon_0 + \frac{1}{2} k t_{m_c}} \times 100\% \quad (16)$$

Z analizy równania (16) wynika, że względny błąd metody jest zerowy, gdy $k=0$ lub $t_{m_c} = 2t_{m_1}$, co oznacza że błąd jest zerowy, gdy wartość przyspieszenia kąowego jest stała lub gdy przyspieszenie kąowe nie występuje.

Na rys.2 przedstawiono charakterystyki błędu względnego zastosowanej metody obliczania przyspieszenia kąowego, wyznaczone z równania (16). Charakterystyki wykonano dla dwóch wartości przyspieszenia kąowego w zależności od prędkości kąowej.

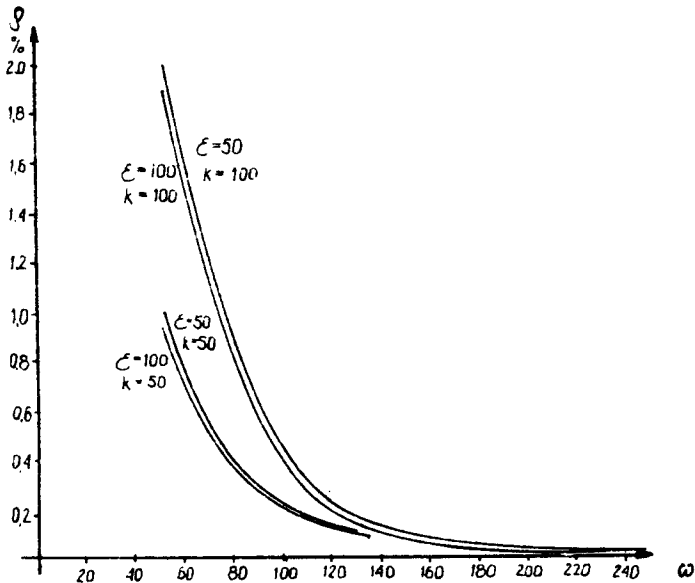
Analizę błędu względnego wyznaczania prędkości kąowej dla potrzeb sporządzenia charakterystyk bezwładnościowych przyspieszenia kąowego silnika przeprowadzono według tych samych zasad.

Błąd względny ρ_w metody wyznaczania prędkości kąowej określono według wzoru

$$\rho_w = \frac{\omega - \omega_{sr}}{\omega_{sr}} \quad (17)$$

gdzie:

- ω - zmierzona średnia wartość prędkości kąowej
- ω_{sr} - rzeczywista średnia wartość prędkości kąowej



Rys.2. Charakterystyki błędu względnego metody pomiaru przyspieszenia kąowego

Wartość prędkości kąowej zmierzonej ω określono ze wzoru:

$$\omega = \frac{2a}{t_{m1} + t_{m2}} = \frac{2a}{t_{mc}} = \frac{1}{6} kt_{mc}^2 + \frac{1}{2} \varepsilon_0 t_{mc} + \omega_0 \quad (18)$$

Wzór (18) stanowi zarazem fragment wzoru (3), użytego do wyznaczania przyspieszenia kąowego. Podwójne wykorzystanie tego członu upraszcza obliczenia współrzędnych punktów charakterystyki bezwładnościowej przyspieszenia kąowego.

Rzeczywista wartość średniej prędkości kąowej $\bar{\omega}_{sr}$, wyznaczona ze wzoru:

$$\bar{\omega}_{sr} = \frac{1}{t_2 - t_0} \int_{t_0}^{t_2} \left(\frac{1}{2} kt^2 + \varepsilon_0 t + \omega_0 \right) dt \quad (19)$$

jest zgodna z wartością zmierzona, dlatego błąd względny metody wyznaczania prędkości kąowej wynosi zero.

2. Układ pomiarowy

W projekcie aparatury wyznaczającej współrzędne charakterystyki przyspieszenia kąowego według opisanych powyżej metod uwzględniono możliwości krajowego rynku części elektronicznych, a ściślej możliwości zakupu niezbędnych układów scalonych. Dostępność układów małej integracji z serii układów UCY 74 zadecydowała w głównej mierze o konstrukcji aparatury pomiarowej.

Aparatura składa się z trzech bloków: zasilacza, bloku cyfrowego asynchronicznego, dokonującego pomiaru i rejestracji czasów t_{m1} i t_{mc} , oraz bloku synchronicznego dokonującego obliczeń numerycznych, w efekcie których ze zmierzonych wartości czasów i danych stałych otrzymuje się wartości współrzędnych punktów charakterystyki przyspieszenia kąowego. Możliwości obliczeniowe bloku synchronicznego znacznie przewyższają potrzeby badań, ponieważ aparatura zaprojektowana została z myślą o wykorzystaniu jej do wyznaczania charakterystyki bezwładnościowej momentu obrotowego i mocy silnika. Algorytm obliczeń praktycznie jest zgodny ze wzorem (3). Wprowadzono do niego jedynie zmiany formalne, umożliwiające rozszerzenie badań i uproszczenie aparatury pomiarowej. Algorytm obliczeniowy po wprowadzeniu zmian przyjął ostateczną postać

$$\varepsilon = \frac{4\pi n}{t_{mc}} \left(\frac{1}{t_{mc} - t_{m1}} - \frac{1}{t_{m1}} \right) A \quad (20)$$

gdzie:

4π - stała, oznaczająca podwójny podstawowy kąt pomiarowy

n - stała, oznaczająca liczbę podstawowych kątów pomiarowych, w

- których dokonywany jest pomiar prędkości kątowej ω_1 , a następnie ω_2
- t_{m_c} - czas obrotu o $4 \cdot \pi \cdot n$ radianów
- t_{m_1} - czas obrotu o pierwsze $2 \cdot \pi \cdot n$ radianów
- A - stała /w badaniach $A = 1/$

Aparatura działa następująco: w pobliżu koła zamachowego zamocowano czujnik magneto-indukcyjny P, dający jeden impuls na obrót wału korbowego. Do pamięci aparatury pomiarowej włożono wartość liczby n ze wzoru 20 oraz liczbę t taką, że $t \cdot 10^{-7} = t_{m_1}$. Liczba t oznacza zatem, w złożonej postaci, prędkość kątową ω_t , której wartość wynosi

$$\omega_t = \frac{2 \pi n}{t \cdot 10^{-7}} \quad (21)$$

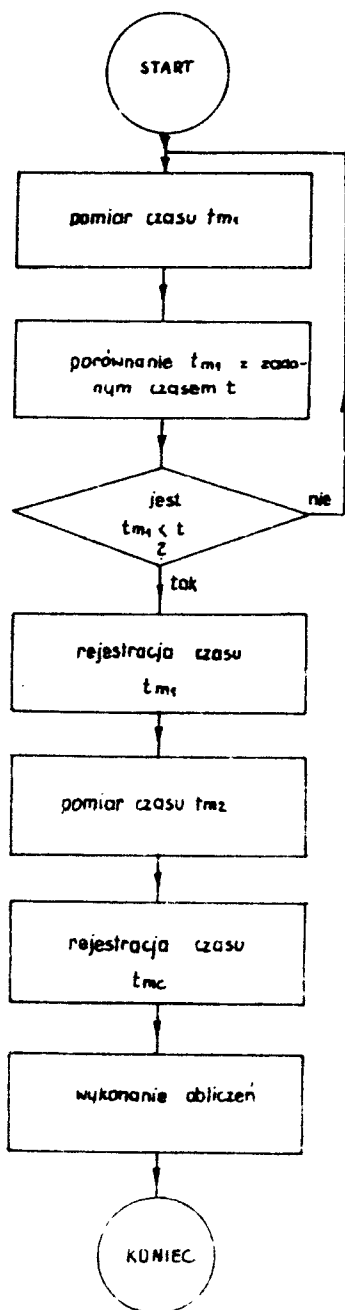
Dla prędkości ω_t aparatura ma dokonać pomiaru przyspieszenia kątowego ϵ . Po zadaniu aparaturze instrukcji "start pomiarów" aparatura za pomocą elektromagnesu powoduje skokową zmianę położenia elementu sterującego dawką paliwa. Z chwilą pojawienia się impulsu z czujnika P, odpowiednie układy rozpoczynają rejestrację czasu t_{m_1} . Jeżeli do chwili przyścia z czujnika P narastającego zbocza n-tego impulsu nie wyrównają się moduły liczb t i t_{m_1} , aparatura zarejestruje w chwili jego nadejścia liczbę zliczonych impulsów jako wartość czasu t_{m_1} , a następnie do czasu t_{m_1} doliczy czas t_{m_2} i w chwili nadejścia narastającego zbocza impulsu 2n zarejestruje wartość tej liczby jako czas t_{m_c} . Pomiar zostaje zakończony i następuje uruchomienie programu obliczeń. Jeżeli do chwili pojawienia się narastającego zbocza n-tego impulsu wystąpi stan równości modułów liczb t i t_{m_1} , to w chwili wystąpienia tego stanu nastąpi przerwanie pomiaru czasu t_{m_1} , zlikwidowanie dotychczasowej wartości tego czasu i wystąpienie stanu oczekiwania aparatury na pojawienie się impulsu z czujnika P. Po jego pojawieniu się - cykl rozpoczyna się od początku.

Po dokonaniu obliczeń oraz automatycznym zarejestrowaniu wyników zmienia się zawartość licznika liczby pomiarów o jeden i następuje uruchomienie cyklu pomiarowego od początku. Powtarzanie cykli pomiarowych dla jednej wartości liczby t może - przy automatycznej pracy aparatury - trwać do chwili, gdy licznik cykli pomiarowych nie osiągnie zadanego stanu. Całością pracy aparatury pomiarowej można również sterować ręcznie.

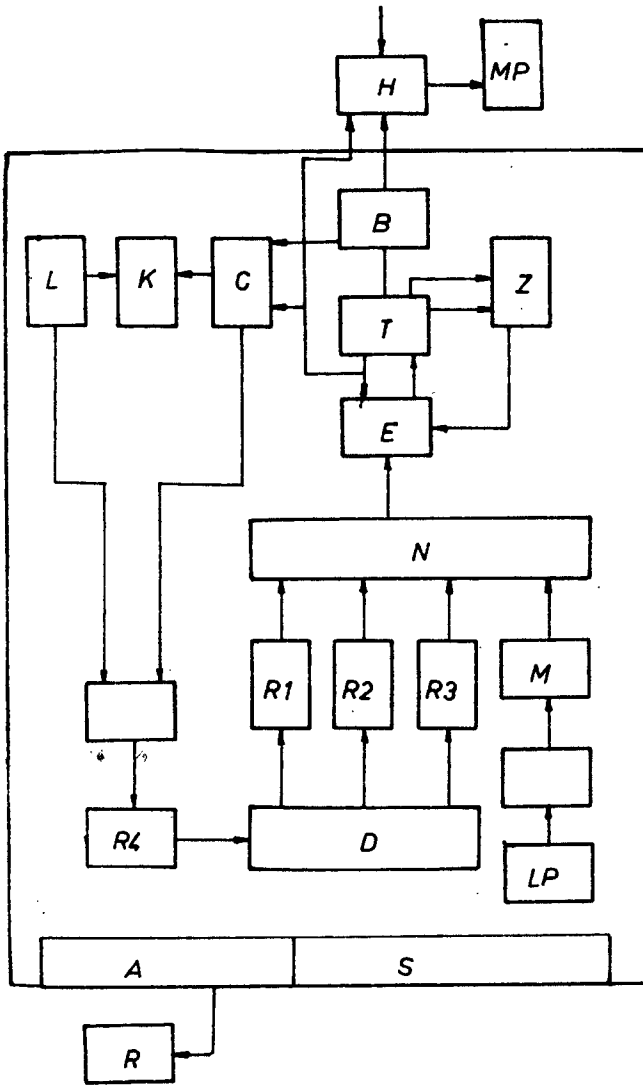
Na rys.3 przedstawiono algorytm pracy bloku asynchronicznego, a na rys.4 schemat blokowy aparatury pomiarowej.

Sygnal zegarowy dla części synchronicznej aparatury generowano w układzie generatora wyzwalanego z końcówki D1 układu MPS 7541-007. Sygnal "czekaj", zatrzymujący działanie aparatury na czas wykonywania działań w kalkulatorze, wyzwalało na podstawie sygnału z końcówki "h" tego układu.

Klawiaturę kalkulatora Brda 11U wykorzystywano zgodnie z jej funkcją, a do sterowania całością aparatury wykorzystywano oddzielną dziewiętnasto-przyciskową klawiaturę.



Rys.3. Algorytm pomiaru przyspieszenia kątownego i prędkości kątownej



Rys.4. Schemat blokowy układu pomiarowego

Opis funkcji poszczególnych bloków na rys.4.

- A - blok asynchroniczny
- L - licznik impulsów o częstotliwości 10 MHz /pomiar czasów/
- K - komparator porównujący na bieżąco liczbę t, zarejestrowaną w układzie C i bieżący stan licznika L
- C - rejestr buforowy spełniający również funkcję układu zamieniającego sekwencyjny kod BCD na kod BCD równoległy /8 dekad/
- R1, R2, R3 - rejestry przesuwające z szeregowym wejściem i wyjściem o pojemności 4 x 4 bity
- R4 - rejestr przesuwający z szeregowym wejściem i wyjściem oraz z dwoma wejściami i jednym równoległym wejściem o pojemności 8 x 4 bity
- D - demultiplekser przekazujący zawartość czterech najniższych dekad rejestru R4 do jednego z rejestrów R1, R2, R3
- S - układ sterowania częścią synchroniczną aparatury
- M - pamięć /macierz diodowa/ o pojemności 128 x 6 bitów, zawiera program działania części synchronicznej aparatury /algorytm obliczeń/
- E - blok sterowania układem MPS 7541 - 007
- T - kalkulator Brda 11 U
- B - transkoder kodu sekwencyjnego 7-segmentowego wskaźnika na kod sekwencyjny BCD
- H - układ sterowania elektryczną maszyną do pisania Consul 242.9
- MP - elektryczna maszyna do pisania Consul 242.9
- R - elektromagnes wykonawczy, sterujący położeniem elementu zmieniającego dawkę wtryskiwanego paliwa

Wyniki obliczeń jak również zawartość dowolnego rejestru odczytywano na wyświetlaczu kalkulatora. Wyniki obliczeń w cyklu automatycznej pracy rejestrowano na elektrycznej maszynie do pisania Consul 242.9.

Operator aparatury ma bezpośredni dostęp jedynie do rejestru operacyjnego kalkulatora. Dostęp do pozostałych rejestrów wynika z rys.4.

3. Wnioski

Układ do pomiaru przyspieszenia kąowego wału korbowego silnika, przedstawiony w artykule badano w warunkach laboratoryjnych oraz w warunkach eksploatacyjnych silników spalinowych. Badania laboratoryjne przeprowadzono na układach symulujących pracę silnika w warunkach ustalonych ($\epsilon_{sr} = 0$) i symulujących pracę silnika ze stałym przyspieszeniem kąowym w celu określenia różnic między wartością rzeczywistą /zadaną/ a wartością przyspieszenia kąowego zmierzoną. Uzyskano w tych badaniach potwierdzenie

wysokiej dokładności pomiarów przyspieszenia kąowego dokonywanych sposobem i układem przedstawionym w artykule. Całość wyników badań przedstawiono w pracy doktorskiej autora.

Sposób pomiaru przyspieszenia kąowego oparty na pomiarach średnich wartości w cyklu pracy silnika ze względu na swoją dokładność i prostotę zasługuje na szersze zastosowanie w diagnostyce silników spalinowych.

Literatura

- [1] Liwszin B.M., Kliejn A.T.: Dinamiczeskij beztarmoznoj metod diagnosticheskich ispitaniy awtotraktornych dwigatielej. MIESSE 6/1976
- [2] Praca zbiorowa: Pomiary wielkości mechanicznych metodami elektrycznymi. Skrypt Politechniki Śląskiej, 1976
- [3] Sawicki J.: Random estimation of periodically varying speeds. Symposium of the IMEKO Technical Committee on Measurement Theory - TC 7. Leningrad, 16 - 19 May 1978
- [4] Woliński A.: Analiza dokładności wyznaczania charakterystyk wysoko-
prężnego silnika spalinowego metodą bezwładnościową w porównaniu z klasyczną metodą hamulcową. Praca doktorska. Politechnika Poznańska 1980

METHOD AND TECHNIQUE OF DIGITAL MEASUREMENT OF CRANKSHAFT ANGULAR ACCELERATION IN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

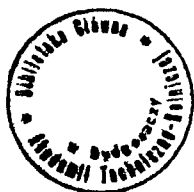
Summary

The paper refers to the author's work published in Zeszyt Naukowy ATR nr 47 - Mechanika 17/1977 2, which deals with analogue and analogue-impulse methods of measuring angular acceleration. Having analyzed the methods, the author suggested a way and system of a digital measurement of angular acceleration and angular velocity useful for the inertial method of determining engine's characteristics.

МЕТОД И ТЕХНИКА ЦИФРОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОГО УСКОРЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА
ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Резюме

Содержание статьи связано с работой автора опубликованной в научных тетрадях Техническо-Сельскохозяйственной Академии №47 - Механика 17/1977 2, в которой говорится о аналоговых и аналогово импульсных методах измерения углового ускорения. Проанализировав эти методы автор предложил способ и схему цифрового измерения углового ускорения и угловой скорости пригодные для инерционного метода определения характеристик двигателей.



Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy

Cz

1006

25 1982